

ANNO VIII

APRILE 1952

RIVISTA MILITARE

FASCICOLO TECNICO

GENIO

ROMA

VIA DI S. MARCO 8

Proprietà letteraria e artistica riservata

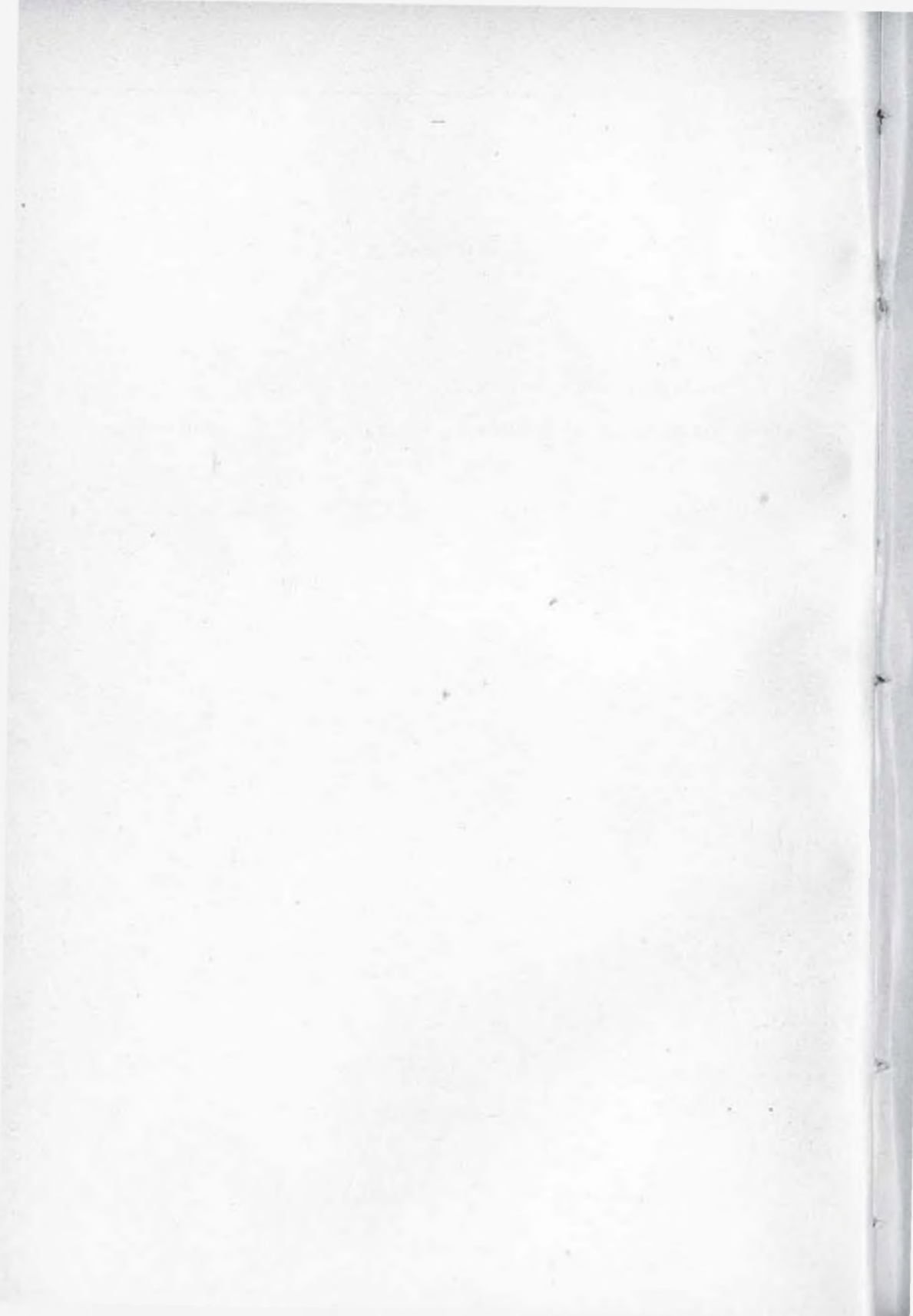
Direttore responsabile: Colonnello SIRO BERNARDÒ

Arti Grafiche « S. Barbara » di Ugo PINNARÒ - Via Pompeo Magno, 29 - Roma

Sommario

Pagina

Gen. di brig. PIETRO STEINER: Rinforzo dei ponti	5
Col. del genio ALDO MAZZONI: Contributo al calcolo delle strutture ad arco	13
Ten. del genio GIULIO MALVANI: Macchine moderne per i lavori di terra	35
Cap. del genio GINO PAROLIN: Le trasmissioni « facsimile » in campo militare	57



Rinforzo dei ponti

Gen. di brig. PIETRO STEINER

Quando ho avuto per la prima volta tra mano il bel trattato di ponti del prof. Stabilini, ne ho scorso il sommario ed ho provato un senso di vero piacere nel vedere un capitolo dedicato al rinforzo dei ponti. Ho dato subito un'occhiata a quelle pagine. Confesso che sono rimasto un po' deluso: il capitolo era di tre facciate.

La ragione la dava l'autore nelle prime righe: « Non si possono dare norme generali nel rinforzo dei ponti, operazione che è nelle possibilità di pochi specialisti soltanto ». Questo ci spiega perchè l'argomento di solito non è trattato neanche dai testi di sviluppo più ampio. Per essere più precisi, tutto quello che può servire per questo lo si trova, ma sparso nei vari capitoli, ora esplicitamente detto, il più delle volte da scoprire con ragionamenti nei quali pratica e teoria devono essere di guida.

Ecco perchè il prof. Stabilini parla di « specialisti ».

Chi, avendo la pazienza di leggere fino in fondo quel che ho scritto e vedrà che ho riempito più di tre facciate, non pensi che non sia d'accordo con lui.

Tema arduo quindi da affrontare e, purtroppo, piuttosto frequente per i militari ora che i carichi sono così aumentati e che le offese contro le vie di comunicazione si sono moltiplicate.

Appunto perchè tutti si rendano conto della natura e del peso del problema mi è parso opportuno raccogliere qualche idea di carattere generale.

Sono certo di non dire nulla di nuovo a chi è esperto in materia, ma sono persuaso di dire qualcosa di utile per chi, sotto l'assillo della necessità, è portato a chiedere ai tecnici di più di quello che umanamente possono dare. Cercherò per questo di seguire una linea di ragionamento molto semplice anche a costo di essere un po' meno conciso.

* * *

Se io desidero rinforzare una struttura, devo sapere come questa lavora ossia quali sono gli sforzi cui è sottoposta e dove questi si manifestano più intensi.

Ci sono strutture molto semplici, come il trave appoggiato agli estremi, che tutti, tecnici o no, sanno come lavora e quindi come si può rinforzare, ma esistono strutture in cui non è possibile sapere, se non approssimativamente, a priori, quali sono le parti più cimentate e, purtroppo, per conoscerlo sono necessari calcoli talvolta molto lunghi e laboriosi. In questi casi il rinforzo non è nè facile nè pronto.

Mi si può fare un'obiezione: non è necessario tanto per i militari. Il rinforzo che noi chiediamo dovrà servire per un tempo molto breve; noi, in aggiunta, non pretendiamo neanche che il lavoro sia fatto nel modo più economico. Quindi, anche un lavoro approssimativo, purchè raggiunga lo scopo, è sufficiente.

Purtroppo, neanche queste considerazioni bastano perchè quando ci si trova di fronte a strutture complesse non si può giudicare sempre se l'elemento di rinforzo, che sembra opportuno, ci dia il miglioramento che ci ripromettiamo. Qualche volta nasce il dubbio che la situazione anzichè migliorare peggiori.

Questa difficoltà è la prima che si incontra.

Procediamo ora. Nei ponti troviamo l'elemento portante vero e proprio (travata) ed elementi che servono a trasmettere all'elemento portante gli sforzi generati dai carichi (impalcata).

Le travi e le tavole che costituiscono un ponticello sono le più semplici espressioni dell'elemento portante e della impalcata. Le cose si complicano se la funzione portante non è affidata a molte travi ma a due soltanto. In questo caso, la impalcata assume struttura più complessa.

Il piano percorribile si fa poggiare su longherine, queste su traverse che, a loro volta, poggiano sulle travi portanti.

Tutto questo è da rammentare perchè l'impalcatura è calcolata in relazione alla portata delle travi principali e, quindi, se si rinforzano solo queste si fa un lavoro che può essere inutile.

Questa è un'altra difficoltà ed è quella che tante volte complica problemi che sarebbero abbastanza semplici.

Un'altra categoria di ponti è costituita dagli archi.

Chi apre un trattato di costruzioni vi trova delle formule empiriche o semiempiriche e dei metodi approssimati per il loro calcolo. Alcune delle prime sono relativamente vecchie ma, peraltro, si possono adoperare ancora, altre, più recenti, tengono conto della forma dell'arco e del materiale che lo costituisce.

Di metodi approssimativi ce ne sono molti, tanti che c'è chi li ha riuniti in tre categorie distinte dal principio base. Un po' alla volta, han finito col cadere tutti sia perchè fondati su ipotesi inesatte o troppo approssimate, sia perchè costituiti da procedimenti laboriosi.

Così, per il calcolo degli archi i sistemi generalmente usati sono due: quello di Castigliano, derivato dal teorema omonimo o dalle derivate del lavoro; quello dell'elisse di elasticità, applicazione della teoria omonima.

Entrambi sono metodi piuttosto laboriosi e richiedono molti giorni di lavoro per uno sviluppo completo.

Questo si è detto perchè non sfugga a nessuno quello che è la natura dell'arco, elemento staticamente indeterminato e soggetto ad un regime di sforzi che non possono essere valutati se non in base a difficili calcoli.

Quanto si tratta di costruire un ponte di luce modesta, anche i sistemi speditivi e le formule empiriche possono venire in aiuto.

Se si tratta di una verifica per un rinforzo, la formula empirica serve solo molto limitatamente. Se lo spessore calcolato è minore o pari a quello dell'opera in esame, ne trarremo una certezza, ma se è superiore a quello dell'arco esistente, noi non possiamo neanche dire di avere una notizia negativa, diremo, più esattamente, di averne una incerta.

In conclusione: esistono sistemi approssimati di calcolo che danno una idea, naturalmente approssimata, degli sforzi che una struttura può sopportare.

Vi sono manufatti per cui il risultato del calcolo approssimato può darci un'idea chiara dei margini di resistenza che la struttura offre, ve ne sono altre per cui questa idea non si può avere. Questo circa la difficoltà generica del problema.

Noi sappiamo che ogni costruzione deve avere un certo margine di stabilità che garantisca la durata sotto l'azione dei carichi e contro gli effetti di tutto ciò che, prevedibile o no, può concorrere a far deperire il materiale.

Quindi si usa parlare nelle costruzioni di *carico di sicurezza*; frazione del *carico di rottura* contenuta nel limite di proporzionalità elastica ossia entro quei limiti nei quali le deformazioni, non soltanto non sono permanenti, ma sono proporzionali agli sforzi.

Il rapporto tra il carico di rottura del materiale ed il carico di sicurezza si chiama *grado di sicurezza*.

Questo varia:

- da 2,5 a 3,5 per materiali metallici laminati;
- » 3,5 » 5,5 » » » fusi;
- » 4 » 6 » i legnami;
- » 8 » 15 » le pietre naturali;
- » 6 » 10 » muratura laterizia;
- » 5 » 8 » i calcestruzzi.

La prima cosa che colpisce è che il grado di sicurezza non sia eguale per tutti i materiali. Questo è necessario perchè il comportamento non è in tutti eguale.

Sotto l'azione del carico si manifestano due ordini di deformazioni. (Si ha una deformazione che si verifica subito ed una deformazione che si manifesta lentamente e gradatamente.

Un fenomeno inverso si manifesta quando il materiale viene scaricato.

Abbiamo quindi un carico istantaneo di rottura ed un carico permanente di rottura. Mentre il fenomeno si manifesta in misura assai limitata per i materiali ferrosi ha una importanza molto grande nelle murature.

In materia non si hanno notizie precise, comunque l'esperienza ha fatto concludere che il rapporto fra i due carichi per i materiali pietrosi sia di un quarto.

Se si tiene presente questo, appare che il margine, che sembra così ampio rispetto ai materiali ferrosi, non è in realtà tale.

C'è poi da tenere presente che i procedimenti di calcolo che noi seguiamo sono molto imperfetti ed i risultati devono considerarsi solo approssimati. E' sempre molto presente alla mia memoria una cortese ma assai serrata disputa circa la valutazione delle sollecitazioni in un grande ponte. Chi discuteva erano due tecnici di grande e riconosciuto valore. Se i risultati cui essi erano arrivati, erano assai differenti, ciò era dovuto non ad errori, ma ad imperfezioni del calcolo.

D'altro canto, una conferma di questa insufficienza ci è data dalle prove su modelli e dai procedimenti di controllo sulle sollecitazioni di strutture, che vanno affiancando con frequenza sempre più grande l'opera del calcolatore.

Sotto questo aspetto, le strutture murarie si presentano in vantaggio rispetto a quelle metalliche perchè i risultati dei calcoli sono per loro più attendibili. Infatti, strutture metalliche che non siano estremamente semplici, vanno soggette a sforzi che si dicono secondari ma che in realtà raggiungono valori eguali o anche superiori agli sforzi principali.

Nella pratica si usano considerare i carichi che transitano sui ponti come carichi statici moltiplicandoli però per coefficienti che oscillano tra 1,10 e 1,80 per tenere conto delle vibrazioni e degli effetti d'urto conseguenti al movimento.

Il fenomeno è molto complesso e, quindi, i coefficienti indicati hanno solo valore empirico.

Nelle azioni di urto, l'energia che è ceduta dal corpo urtante al corpo urtato è tanto più grande quanto è maggiore la massa del primo rispetto al secondo.

E' facile dedurne che le costruzioni murarie, per la loro grande massa, risentono molto meno delle costruzioni metalliche delle azioni dinamiche del carico.

A tirar le somme, quindi, le strutture murarie offrono risorse maggiori delle strutture di ferro e delle strutture di cemento armato.

Fino a che punto si può aumentare il carico di lavoro?

I ragionamenti da fare non sono molto complessi, ma, comunque, per non ingombrare questa noterella con notizie non indispensabili, accontentiamoci di dire che nelle strutture murarie si può raggiungere un aumento del 50 %; nelle strutture metalliche invece occorre procedere con maggiore cautela e — a meno che non si tratti di costruzioni semplici, facilmente calcolabili, nelle quali non si prevedano sforzi secondari importanti — non andare oltre al 10 % o, al massimo, al 20 % dei valori normali.

E' da aggiungere che in una struttura muraria l'80 % delle normali sollecitazioni è dovuto al peso dell'opera ed il 20 % al carico accidentale; nelle strutture metalliche le proporzioni si invertono: il 75 % per il carico accidentale ed il 25 % per il peso proprio.

Il margine è quindi notevolissimo per le strutture murarie e piuttosto ristretto per le altre. Questo ci è confermato dal fatto che ponti di pietra o di muratura, costruiti molti anni fa, quando i carichi circolanti erano modestissimi, non destano anche oggi nessuna preoccupazione e dal fatto che in certe formule empiriche, vecchie ma tuttora adoperate e giudicate rispondenti, compaiono gli elementi geometrici dell'arco ma non compaiono nè i carichi accidentali nè i carichi di lavoro.

In conclusione:

- le strutture di calcestruzzo, di pietra, di muratura, specie se esenti da lesioni e costruite da vecchia data, danno maggiore tranquillità;
- strutture di cemento armato e strutture metalliche devono essere guardate con una certa diffidenza;
- strutture di legno sono in genere in difetto.

* * *

C'è ora qualcosa da dire circa il rinforzo vero e proprio.

Nel rinforzare un'opera d'arte noi potremo:

puntellare cioè porre sotto il ponte strutture che entrano in lavoro quando questo tende ad abbassarsi per effetto dei carichi;

forzare cioè mettere in opera organi di rafforzamento agendo su di essi con cunei o martinetti in modo da esercitare uno sforzo sulla struttura anche quando questa è a riposo.

PONTI AD ARCO.

Un puntellamento può ridurre gli abbassamenti in chiave e, quindi, ridurre l'effetto dei carichi come se questi fossero ridotti.

La riduzione può spingersi fino a $1/3$ per i ponti di luce minore e fino a $1/2$ per i ponti di maggior luce. In luci piccolissime è praticamente senza effetto.

Da tenere presente :

— che il puntellamento può portare beneficio solo nelle sezioni centrali dell'arco. Poco o nulla serve alle reni o alle imposte;

— che un puntellamento esteso a tutto l'arco rappresenta un inutile spreco di legname;

— che l'esecuzione deve essere perfetta perchè un minimo gioco fra le parti lo rende inutile.

Forzamento è un dispositivo che permette di esercitare sul ponte forze, dirette verso l'alto, che tendono a neutralizzare l'effetto del carico.

Esso presenta il vantaggio di intervenire con l'efficacia che si vuole nella regione che più interessa e di sfruttare bene il materiale di sostegno.

Per poter trarre dei vantaggi, occorre però conoscere quale sia il comportamento dell'arco perchè quel che si fa per migliorare la situazione in chiave e diminuire la spinta sulle spalle, può essere di danno alle imposte; i provvedimenti per migliorare la situazione alle imposte, vanno esaminati con cura nei loro effetti perchè ciò che si manifesta benefico quando una parte dell'arco è caricata non lo è più quando il carico passa su un'altra parte.

Un tipo di rafforzamento del genere va, dunque, usato con discernimento.

Un miglioramento si può anche ottenere ricorrendo ad impalcate che prendono appoggio in determinati punti del ponte. Si ottengono così molti vantaggi; si attenuano gli effetti dinamici dei carichi, s'interessano zone più ampie del ponte e si possono diminuire le sollecitazioni nelle parti più cimentate.

Questo provvedimento, associato al puntellamento forzato, può avere ottimi effetti. Si tratta di lavori facili ad eseguire ma che assorbono molto legname e che, soprattutto, richiedono una conoscenza molto precisa degli sforzi cui l'arco è sottoposto.

Posto che mi son prefisso di tenere l'esposizione in termini molto generali, non mi soffermo su maggiori dettagli.

Chi volesse approfondire un po' l'argomento apra un testo di teoria dei ponti e osservi l'andamento delle linee di influenza delle reazioni e dei momenti in un arco; meditando un po', potrà aggiungere molti dettagli a queste generiche indicazioni.

PONTI A TRAVATA.

Più sopra ho accennato all'esistenza di una orditura minuta (impalcata) e di una orditura principale (travi portanti) ed alla necessità di considerare entrambe.

E' ovvio che non si può pensare di rinforzare tutta l'orditura minuta, elemento per elemento. Il provvedimento più pronto è quello di scaricare il ponte della massicciata e di costruire su quella esistente una impalcata di legname che consentirà di ripartire il carico su più ampia zona.

I risultati che si possono ottenere così sono notevoli. Ricordo che il ponte sulla Boiana a Scutari, fortemente danneggiato da una bomba, ha potuto sopportare carichi che sopportava quando era intatto, più che per le riparazioni alle travi sulla cui efficacia si dovevano avere molti dubbi, per la sostituzione dell'impalcata di cemento armato con un'altra più leggera di legname.

Le travi possono essere rinforzate con puntellamento. Il puntellamento forzato offre la possibilità di soluzioni interessanti.

Durante le esercitazioni dell'estate 1949 il battaglione pionieri della « Folgore » rinforzò un ponte metallico su un canale della bassa pianura veneta. Lo fece costruendo un'armatura di sostegno poggiante su barche da equipaggio. Le barche erano state zavorrate, collocate sotto il ponte ed ancorate. Tolta la zavorra, la spinta di galleggiamento portò l'armatura ad esercitare sul ponte una spinta invariabile sotto il passaggio dei carichi, che venne ad annullare in gran parte gli sforzi dovuti al peso proprio.

Con questo, la sezione più cimentata ha potuto sopportare un carico concentrato pari a metà del peso del ponte più il carico accidentale previsto. Fortunatamente una certa esuberanza degli elementi di impalcatura aveva, in questo caso, dispensato da altri provvedimenti.

Mancando una sufficiente altezza d'acqua sotto il ponte è possibile, sia pure con minor facilità, fare qualcosa di analogo.

Non voglio dire di più. Anche via via che stavo scrivendo ho dovuto resistere alla tentazione di dilungarmi e di aggiungere dei particolari.

Certamente i tecnici che prenderanno in mano queste pagine le lasceranno più o meno insoddisfatti. Ma questa nota non è per loro. Ha lo scopo di mostrare quanto sia vero quel che dice il professore Stabilini: « l'operazione di rinforzo è nella possibilità di pochi specialisti ».

Occorre molta pratica per poter giudicare sulla bontà delle strutture e sul loro stato di conservazione; una nozione precisa del modo con cui queste lavorano. Occorre una buona esperienza di calcolo per dimensionare rapidamente le strutture di rinforzo; occorre avere degli operai abili per la costruzione dei puntelli e delle centine. Tutto questo occorre per un lavoro veramente efficace.

Se ci si trova in condizioni diverse, è inutile spingere l'ufficiale del genio a fare. Tonnellate, carichi di sicurezza, limiti di snervamento son cose che lasciano qualche margine, lo abbiamo visto, ma che consentono solo oculati ardimenti.

Nei casi incerti o nei casi complessi, purtroppo molto frequenti, è provvedimento meno brillante ma più rapido e più sicuro il cercare un altro passaggio idoneo accanto a quello non sufficientemente robusto.

Credo di non poter concludere diversamente di così, certo di non dare un consiglio di inutile prudenza o, peggio, un consiglio che aiuti i pigri ad evitare una superabile difficoltà.

Contributo al calcolo delle strutture ad arco

Col. del genio ALDO MAZZONI

1. - La verifica di stabilità di una struttura ad arco può richiedere, specie quando l'opera da controllare sia di una certa importanza e soggetta a carichi eccezionali che determinino nel materiale tensioni interne molto prossime ai massimi carichi ammissibili, la elaborazione di un calcolo rigoroso.

La teoria della elasticità, benchè non tenga conto di molti fattori, come le deformazioni plastiche, che hanno una notevole influenza nel comportamento del materiale, fornisce tuttavia dati attendibili e ad ogni modo molto utili ai fini di una visione del modo di reagire delle strutture sotto l'azione dei carichi, però i suoi metodi di calcolo sono notoriamente molto lunghi e laboriosi. Questi calcoli possono essere semplificati in determinate ipotesi (ad es. arco con asse parabolico e con caratteristiche delle sezioni vincolate a determinate leggi; arco con asse affine alla funicolare dei carichi, ecc.); ma i metodi speditivi e le formule che si deducono dalle suddette ipotesi possono bensì giovare in un calcolo di progetto, ma ben poco in un calcolo di verifica. Il calcolo grafico, anche se eseguito da un operatore molto abile, non sempre offre garanzia di sufficiente approssimazione e in molti casi, specie se si tratta di opere importanti, deve essere accompagnato da calcoli analitici. Il calcolo puramente analitico, oltre che laborioso, presenta il grave inconveniente che i valori delle incognite iperstatiche e delle caratteristiche di sollecitazione di una sezione generica sono il risultato della somma algebrica di termini il cui valore è di un ordine di grandezza molto superiore a quello delle sollecitazioni stesse, per cui detti termini debbono essere calcolati con molta approssimazione, tenendo conto di parecchie cifre, il che richiede l'impiego di macchine calcolatrici; inoltre eventuali errori di calcolo vengono di solito avvertiti soltanto al termine delle operazioni ed è poi difficile e laborioso il rintracciarli.

Ci proponiamo, nel presente studio, di ridurre al minimo possibile le operazioni laboriose e le cause di errore, applicando opportunamente il metodo della spinta addizionale nel caso generale di un carico verticale qualsiasi agente sull'arco.

2. - Consideriamo un arco incastrato e riferiamo i suoi punti ad un sistema di assi x, y passanti per il suo baricentro elastico G , come indicato nella fig. 1.

Indichiamo con :

- l) la luce dell'arco;
- f) la sua freccia;
- x, y, γ le coordinate del baricentro S di un elemento generico dell'arco e la sua distanza dalla corda;
- $d\omega$ il suo peso elastico;
- ρ_1, ρ i semiassi della sua ellisse di elasticità: ρ_1 disteso lungo l'asse dell'arco e l'altro (uguale al raggio di inerzia della sezione) ad esso normale;
- θ l'angolo formato dall'orizzontale con la tangente all'asse dell'arco nel punto S (positivo o negativo a seconda che S è a sinistra o a destra dell'asse y).

Assumendo come struttura principale l'arco a tre cerniere, la componente verticale V e orizzontale H della sollecitazione in una sezione generica dell'arco ed il suo momento M rispetto al baricentro S della stessa sezione possono essere espresse nel modo seguente :

$$\left. \begin{aligned} V &= V_o - \frac{\int M_o x d\omega + \int V_o (\rho_1^2 - \rho^2) \cos^2 \theta + \rho^2 d\omega}{I_x} \\ H &= H_o - \frac{H_o \int (\rho_1^2 - \rho^2) \sin^2 \theta + \rho^2 d\omega - \int M_o y d\omega - \frac{1}{2} \int V_o (\rho_1^2 - \rho^2) \sin 2\theta d\omega}{I_y} \\ M &= M_o - \frac{\int M_o d\omega}{G} - (V_o - V)x + (H_o - H)y \end{aligned} \right\} [1]$$

essendo :

$$\begin{aligned} G &= \int d\omega \\ I_x &= \int x^2 d\omega + \int (\rho_1^2 - \rho^2) \cos^2 \theta + \rho^2 d\omega \\ I_y &= \int y^2 d\omega + \int (\rho_1^2 - \rho^2) \sin^2 \theta + \rho^2 d\omega \end{aligned}$$

nelle quali formule :

V_o è la componente verticale della sollecitazione nella sezione generica relativa alla struttura principale (arco a tre cerniere);

H_o è la sua componente orizzontale;

M_o è il suo momento rispetto al baricentro S della sezione.

Gli integrali si intendono estesi a tutto l'arco.

Ricordiamo poi che: $H_o = \frac{M_m}{f}$ essendo M_m il momento in mezzeria di una trave semplicemente appoggiata avente la stessa luce e lo stesso carico dell'arco.

Le formule [1] sono desunte dalla rigorosa applicazione della teoria dell'ellisse di elasticità e se ne omette la dimostrazione che non presenta particolare interesse.

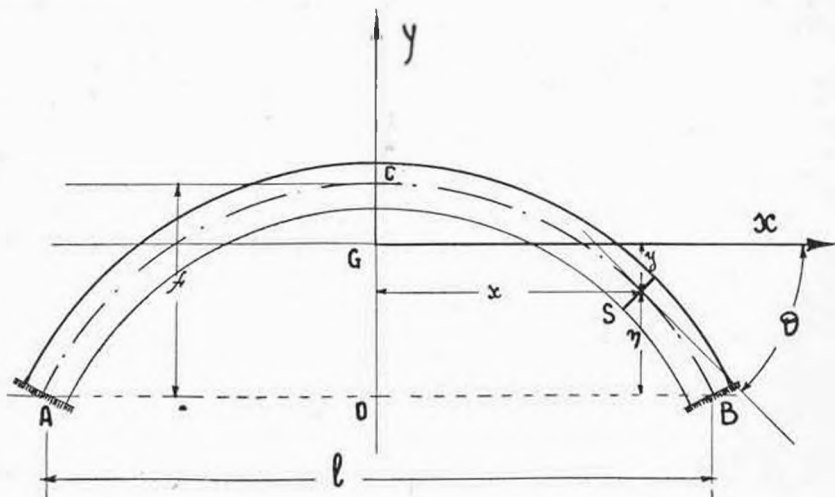


Fig. 1.

Se, come normalmente si usa in pratica, si tiene conto solo imperfettamente dell'influenza dello sforzo normale e dello sforzo di taglio, le precedenti formule possono essere così semplificate:

$$\left. \begin{aligned} V &= V_o - \frac{\int M_o x d\omega}{I_x} \\ H &= H_o - \frac{H_o \int \rho^2 d\omega - \int M_o y d\omega}{I_y} \\ M &= M_o - \frac{\int M_o d\omega}{G} - (V_o - V)x + (H_o - H)y \end{aligned} \right\} [2]$$

essendo:

$$\begin{aligned} G &= \int d\omega \\ I_x &= \int x^2 d\omega \\ I_y &= \int y^2 d\omega + \int \rho^2 d\omega \end{aligned}$$

Nelle espressioni di V , H , M , il primo termine rappresenta il valore della componente della sollecitazione relativa all'arco a tre cerniere; gli altri termini rappresentano le correzioni da apportare per tener conto degli incastri e poichè questi termini sono in genere dello stesso ordine di grandezza dei valori di V , H , M , non è necessaria una eccessiva precisione di calcolo che pertanto può essere eseguito speditamente come vedremo negli esempi che seguono.

Calcoleremo i vari integrali col metodo analitico, usando la regola di Simpson, e perciò assumeremo per $d\omega$ la nota espressione $d\omega = \frac{dx}{EI \cos \theta}$ e poichè nelle precedenti formule, gli integrali figurano sia al numeratore che al denominatore potremo anche, in luogo di $d\omega$, scrivere $\left(\frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} \right)$ essendo I il momento di inerzia della sezione generica e I_o quello della sezione in chiave; infine riferiremo i valori di φ_1 e φ delle varie sezioni al raggio di inerzia φ_o della sezione chiave, considerando i rapporti $\frac{\varphi_1}{\varphi_o}$ e $\frac{\varphi}{\varphi_o}$.

Negli esempi che seguono applicheremo le formule approssimate [2] e per maggior semplicità e chiarezza nella esposizione dei calcoli porremo:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma_o &= \int \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}; \quad \Sigma x = \int x^2 \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}; \quad \Sigma y = \int y^2 \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}; \\ \Sigma \varphi &= \int \left(\frac{\varphi}{\varphi_o} \right)^2 \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} \\ \Sigma_I &= \int M_o \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}; \quad \Sigma_{II} = \int M_o x \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}; \\ \Sigma_{III} &= \int M_o y \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} \\ \text{dove gli integrali si intendono estesi fra } -\frac{1}{2} \text{ e } +\frac{1}{2} \\ A &= \frac{\Sigma_I}{\Sigma_o}; \quad B = \frac{\Sigma_{II}}{\Sigma_x}; \quad C = \frac{\Sigma_{III}}{\Sigma y + \varphi_o^2 \Sigma \varphi}; \quad D = \frac{\varphi_o^2 \Sigma \varphi}{\Sigma y + \varphi_o^2 \Sigma \varphi} \end{aligned} \right\} [3]$$

Con queste notazioni le formule [2] assumono la forma:

$$\left. \begin{aligned} V &= V_o - B \\ H &= \frac{Mm}{f} - \left(\frac{Mm}{f} D - C \right) \\ M &= M_o - A - Bx + \left(\frac{Mm}{f} D - C \right) y \end{aligned} \right\} [4]$$

Infine può tornare utile, ai fini di un raffronto fra il comportamento di due archi aventi luci e frecce diverse, considerare, in luogo di x e y , i rapporti $\frac{x}{l}$; $\frac{y}{f}$ rispettivamente.

In questo caso, ponendo:

$$\begin{aligned}\Sigma' x &= \int \left(\frac{x}{l} \right)^2 \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}; \quad \Sigma' y = \int \left(\frac{y}{f} \right)^2 \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} \\ \Sigma_I &= \int \frac{M_o}{l} \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}; \quad \Sigma_{II} = \int \frac{M_o}{l} \frac{x}{l} \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}; \\ \Sigma_{III} &= \int \frac{M_o}{l} \frac{y}{f} \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} \\ A' &= \frac{\Sigma_I}{\Sigma_o}; \quad B' = \frac{\Sigma_{II}}{\Sigma_x} = B; \quad C' = \frac{\Sigma_{III}}{\Sigma' y + \left(\frac{\rho_o}{f} \right)^2 \Sigma \rho}; \\ D' &= \frac{\left(\frac{\rho_o}{f} \right)^2 \Sigma \rho}{\Sigma' y + \left(\frac{\rho_o}{f} \right)^2 \Sigma \rho} = D\end{aligned} \quad [5]$$

le formule [2] assumono la forma:

$$\begin{aligned}V &= V_o - B' \\ H &= \frac{l}{f} \left[\frac{Mm}{l} - \left(\frac{Mm}{l} D' - C' \right) \right] \\ M &= l \left[\frac{M_o}{l} - A' - B' \frac{x}{l} + \left(\frac{Mm}{l} D' - C' \right) \frac{y}{f} \right]\end{aligned} \quad [6]$$

In queste ultime formule le quantità fra parentesi quadra rappresentano le componenti di sollecitazione in un arco di luce e freccia unitarie (affine all'arco dato con rapporto di affinità $1: \frac{f}{l}$ e ridotto nella scala $1:l$) soggetto a carico uguale e distribuito in modo simile a quello dell'arco dato e nel quale i valori di $\frac{I_o}{I \cos \theta}$ e di $\frac{\rho}{\rho_o}$ delle singole sezioni sono uguali ai valori delle corrispondenti sezioni dell'arco dato.

3. - Applichiamo le nostre formule al ponte ad arco Antoinette trattato nella « Scienza delle costruzioni » del Guidi (parte IV, pag. 468 e segg. dell'edizione 1938).

I valori della corda e freccia dell'asse dell'arco, delle ordinate η delle sezioni, delle loro altezze e larghezze medie, ecc., sono stati determinati graficamente od ottenuti per interpolazione dai valori forniti dal Guidi.

Riportiamo nella figura e tabella seguenti i valori rilevati o calcolati.

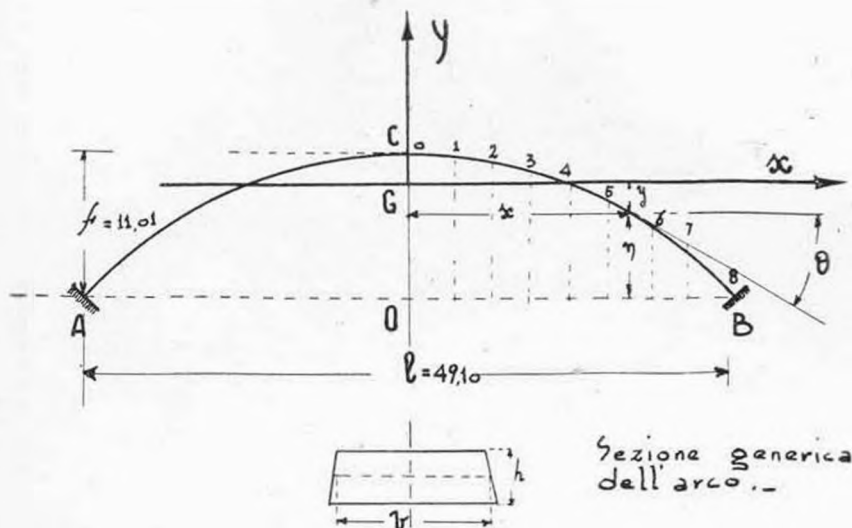


Fig. 2.

TABELLA 1.

Sezione	$\frac{x}{l}$	$\frac{\eta}{f}$	$\cos \theta$	$\sin \theta$	h	b	$\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^2 = \frac{h^2}{h_0^2}$	$\frac{I_0}{I \cos \theta} = \frac{b_0 h_0^3}{b h^3 \cos \theta}$	$\frac{y}{f}$
0	0.—	1.—	1.—	0,—	1,50	4,87	1.—	1.—	+ 0,228
1	0,0625	0,989	0,996	0,093	1,52	4,89	1,02	0,960	+ 0,217
2	0,1250	0,950	0,983	0,187	1,55	4,93	1,07	0,915	+ 0,178
3	0,1875	0,884	0,960	0,280	1,60	4,99	1,14	0,840	+ 0,112
4	0,2500	0,785	0,928	0,373	1,67	5,07	1,24	0,745	+ 0,013
5	0,3125	0,652	0,885	0,446	1,77	5,19	1,39	0,645	- 0,120
6	0,3750	0,485	0,829	0,560	1,90	5,33	1,60	0,540	- 0,287
7	0,4375	0,271	0,758	0,653	2,06	5,53	1,88	0,448	- 0,501
8	0,5000	0.—	0,665	0,746	2,28	5,77	2,32	0,360	- 0,772

Nella elaborazione del calcolo faremo riferimento all'arco di luce e frequenza unitarie, cioè applicheremo le formule [6] : abbiamo :

TABELLA 2

Sezione	$\frac{I_o}{I \cos \theta}$	(1) coeff.	(2) Σ_o (2) × (3)	$\left(\frac{x}{l}\right)^2$	$\Sigma' x$ (4) × (5)	$\left(\frac{\rho}{\rho_o}\right)^2$	$\Sigma \rho$ (4) × (7)	$1 - \frac{\eta}{f}$	(8) $\Sigma \eta$ (4) × (9)	(4) ⁽⁴⁾ $\left(\frac{y}{f}\right)^2$	$\Sigma' y$ (4) × (11)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1. —	0,0417	0,0417	0. —	0. —	1. —	0,0417	0. —	0. —	0,0520	0,00216
2	0,915	0,1667	0,1525	0,0156	0,00238	1,07	0,1630	0,050	0,0076	0,0317	0,00480
4	0,745	0,0833	0,0620	0,0625	0,00388	1,24	0,0770	0,215	0,0133	0,0002	0,00001
6	0,540	0,1667	0,0900	0,1406	0,01264	1,60	0,1440	0,515	0,0463	0,0824	0,00740
8	0,360	0,0417	0,0150	0,2500	0,00375	2,32	0,0348	1. —	0,0150	0,5960	0,00895
		$\frac{1}{2} \Sigma_o = 0,3612$		$\frac{1}{2} \Sigma' x = 0,02265$		$\frac{1}{2} \Sigma \rho = 0,461$		$\frac{1}{2} \Sigma' \eta = 0,0822$		$\frac{1}{2} \Sigma' y = 0,02332$	

$$\frac{GC}{f} = \frac{\Sigma' \eta}{\Sigma_o} = 0,228 : \frac{1}{2} \left(\frac{\rho_o}{f} \right)^2 \Sigma \rho = \frac{1,5^2}{12 \times (11,01)^2} 0,461 = 0,001564 \times 0,461$$

$$\frac{OG}{f} = 0,772 ; \quad = 0,00071$$

$$\frac{1}{2} \Sigma' y = 0,02332$$

$$0,02403$$

$$D' = \frac{0,00071}{0,02403} = 0,0295$$

(1) Questi coefficienti sono i termini delle sommatorie di Simpson per la funzione $f(x) = 1$ moltiplicati per $\frac{\Delta x}{3} = \frac{1}{24}$ quando la corda viene divisa in 8 parti uguali.

(2) Usiamo la notazione (2) × (3) per indicare che i valori della colonna sono ottenuti dal prodotto dei corr. valori delle col. 2 e 3. E analogamente per le altre colonne.

(3) Dove con $\Sigma' \eta$ indichiamo l'integrale $\int_{-1/2}^{1/2} \frac{1-\eta}{f} \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l}$.

(4) I valori di $\frac{y}{f} = \frac{\eta}{f} - 0,772$ sono riportati nella tabella 1.

a) Determiniamo ora le sollecitazioni dovute al peso proprio.

Data la simmetria del carico il calcolo viene limitato a mezza arcata.

In base ai pesi determinati dal Guidi sono stati calcolati i momenti flettenti $\frac{M}{l}$ relativi alla trave semplicemente appoggiata di lunghezza unitaria nelle sezioni 0, 1, 2, 8.

Dai momenti così calcolati sono stati detratti i valori di $\frac{Mm}{l} \gamma_i$ e si sono così ottenuti i valori di $\frac{M_o}{l}$; si sono quindi applicate le formule [5] per il calcolo di Σ'_I e Σ'_{III} ; Σ'_{II} è nullo dato la simmetria dei carichi; i calcoli sono stati riportati nella seguente tabella 3 in cui abbiamo riportato anche i valori di V ; per una più precisa determinazione (specie per la Σ'_{III} che contiene termini positivi e negativi) abbiamo ritenuto opportuno considerare 8 sezioni anzichè 4 e pertanto nelle colonne 2, 3, 4 della tabella abbiamo ripetuto il calcolo di Σ_o .

TABELLA 3

Sezione	$\frac{I_o}{I \cos \theta}$	coeff.	Σ_o	V	$\frac{M}{l}$	$\frac{Mm}{l} \gamma_i$	$\frac{M_o}{l}$ (6)-(7)	Σ'_I (4)×(8)	$\frac{y}{f}$	Σ'_{III} (9)×(10)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	1. —	0,0208	0,0208	0. —	50,346	50,346	0. —	0. —	0,228	0. —
1	0,960	0,0833	0,0800	17,9	49,781	49,669	0,112	0,0089	0,217	+0,00193
2	0,915	0,0417	0,0382	37,3	48,079	47,789	0,290	0,0111	0,178	+0,00198
3	0,840	0,0833	0,0700	61,1	45,070	44,530	0,540	0,0377	0,112	+0,00422
4	0,745	0,0417	0,0311	90,5	40,369	39,517	0,852	0,0265	0,013	+0,00084
5	0,645	0,0833	0,0537	114,8	33,605	32,803	0,802	0,0432	-0,120	-0,00517
6	0,540	0,0417	0,0225	156,5	25,093	24,439	0,654	0,0147	-0,287	-0,00422
7	0,448	0,0833	0,0373	191,6	14,247	13,671	0,576	0,0215	-0,501	-0,01080
8	0,360	0,0208	0,0075	249,5	0. —	0. —	0. —	0. —	-0,772	0. —
		$\frac{1}{2} \Sigma_o = 0,361$						$\frac{1}{2} \Sigma'_I = 0,1636$	$\frac{1}{2} \Sigma'_{III} = -0,01172$	

Abbiamo pertanto:

$$A' = \frac{0,1636}{0,361} = +0,453; B' = 0; C' = \frac{-0,01172}{0,02405} = -0,500;$$

$$\left(\frac{Mm}{l} D' - C' \right) = 50,35 \times 0,0295 + 0,500 = 1,485 + 0,500 = + 1,99$$

Applicando le formule [6] troviamo :

$$H = \frac{49,10}{11,01} \cdot (50,35 - 1,99) = 215,7 \quad (\text{il Guidi trova } H = 215,04).$$

$$\text{All'imposta : } \frac{M}{l} = - 1,99 \times 0,772 - 0,453 = - 2 ;$$

$$M = - 2 \times 49,10 = - 98,2 ;$$

$$V = 249,5 ; N = V \sin \theta + H \cos \theta = 249,5 \times 0,746 + \\ + 215,7 \times 0,665 = 329$$

$$Mm = M - N \cdot \frac{h}{6} = - 98,2 - 329 \frac{2,28}{6} = - 98,2 - \\ - 125 = - 223,2 ;$$

$$Mn = - 98,2 + 125 = + 26,8 ;$$

$$\sigma_i = \frac{Mm}{W} = - \frac{223,2}{1,056} = - 211 \text{ t/mq.} = - 21,1 \text{ Kg/cm}^2.$$

(il valore di W è stato ricavato dal Guidi a pag. 478)

$$\sigma_e = \frac{- 26,8}{1,056} = - 25,4 \text{ t/mq.} = - 2,54 \text{ Kg/cm}^2.$$

(Il Guidi trova $\sigma_i = - 21,2$; $\sigma_e = - 3,1$)

$$\text{In chiave abbiamo : } \frac{M}{l} = 1,99 \times 0,228 - 0,453 = 0 ; V = 0 ;$$

$$N = H = 215,7$$

$$Mm = -Mn = -215,7 \frac{1,50}{6} = -53,6$$

$$\sigma e = \sigma i = -\frac{53,6}{0,385} = -139 \text{ t/mq.} = -13,9 \text{ Kg/cm.}$$

(Il Guidi trova: $\sigma i = -12,8$; $\sigma e = -15,1$).

Come si può rilevare l'errore massimo è di 1,2 Kg/cmq. ed è probabilmente dovuto, in parte, alla non perfetta determinazione dei valori di η .

4. - Il metodo sopra esposto può essere vantaggiosamente applicato anche per la costruzione delle linee d'influenza. Per questa costruzione faremo riferimento, allo scopo di semplificare i calcoli, all'arco di corda e freccia unitarie; divideremo la semicorda in un numero pari di parti uguali ad es. 8 parti, onde potere applicare la regola di Simpson, ed in luogo del carico unitario agente sulle corrispondenti sezioni, considereremo il carico $P = 1000$ e ciò allo scopo di evitare l'impiego di numeri con troppe cifre decimali.

Per ogni posizione del carico P determineremo i coefficienti:

$$A' = \frac{\Sigma'_I}{\Sigma_o}; B' = \frac{\Sigma'_{II}}{\Sigma'_x}; C' = \frac{\Sigma'_{III}}{\Sigma'_y + \left(\frac{\rho_o}{f}\right) \Sigma'_\rho}$$

già definiti al paragr. 2.

Ammissa la simmetria dell'arco, si può limitare a mezza arcata non solo il calcolo di Σ_o ; Σ'_x ; Σ'_y ; Σ'_ρ ; ma anche quello di Σ'_I ; Σ'_{II} ; Σ'_{III} . A questo scopo basta considerare nelle Σ'_I e Σ'_{III} in luogo di $\frac{M_o}{l}$, la semisomma $\left(\frac{M_o d + M_o s}{2l}\right)$ dei valori di $\frac{M_o}{l}$ nelle sezioni di destra e nelle sezioni di sinistra ad esse simmetriche, e considerare nelle Σ'_{II} la semidifferenza $\left(\frac{M_o d - M_o s}{2l}\right)$ quando il carico P agisce sulla semiarcata di destra e la semidifferenza $\frac{M_o s - M_o d}{2l} = -\frac{M_o d - M_o s}{2l}$ quando il carico agisce sulla semiarcata di sinistra.

Avremo pertanto:

$$A' = \frac{\int_0^{1/2} \frac{M_o d + M_o s}{2l} \cdot \frac{I_o}{I \cos \theta} \cdot d\frac{x}{l}}{\frac{1}{2} \Sigma_o}$$

ed analoghe formule per gli altri coefficienti.

Ora osserviamo che se il carico $P = 1000$ agisce sulla semiarcata di destra a distanza $\frac{a}{l}$ dalla mezzeria, se $AO'CB$ (vedasi figura 3) rappresenta il dia-

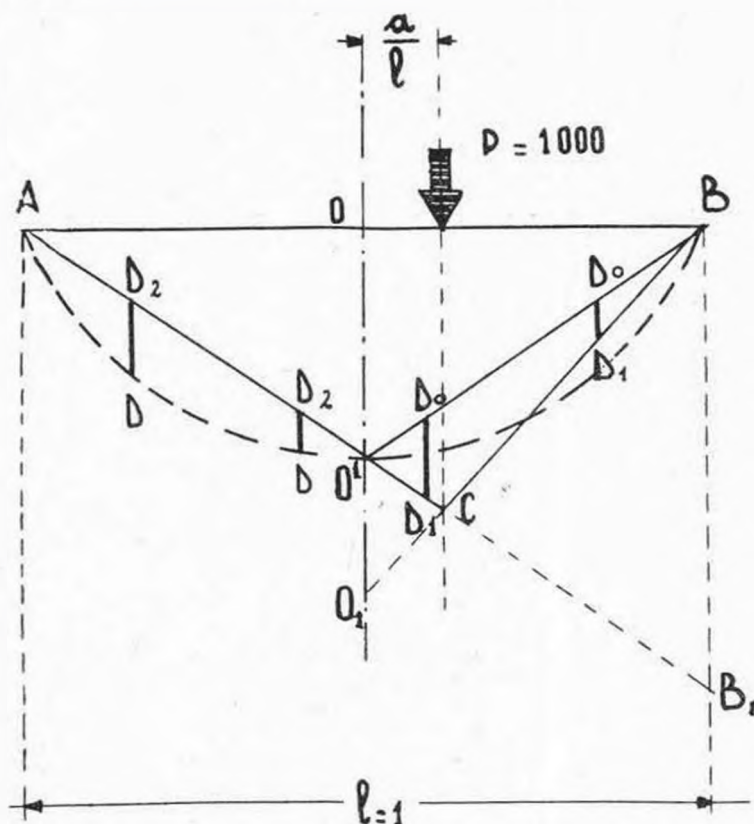


Fig. 3.

gramma dei momenti relativi alla trave semplicemente appoggiata e se la linea $ADO'B$ è una curva affine all'asse dell'arco passante per O' abbiamo:

$$OO' = \frac{Mm}{l} = \frac{1000}{2} \left(0,5 - \frac{a}{l} \right); \quad BB_1 = 1000 \left(0,5 - \frac{a}{l} \right);$$

$$O'O_1 = 1000 \frac{a}{l}$$

Inoltre è facile dimostrare che per ogni coppia di sezioni simmetriche di ascissa x e $(-x)$ rispettivamente è:

$$\frac{M_o d - M_o s}{2} = \frac{D_o D_1}{2} \begin{cases} 1000 \left(0,5 - \frac{a}{l}\right) \frac{x}{l} & \text{per } \frac{x}{l} \leq \frac{a}{l} \\ 1000 \frac{a}{l} \left(0,5 - \frac{x}{l}\right) & \text{per } \frac{x}{l} \geq \frac{a}{l} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \frac{M_o d + M_o s}{2} &= \begin{cases} 1000 \left(0,5 - \frac{a}{l}\right) \frac{x}{l} + \frac{Mm}{l} \left(1 - 2 \frac{x}{l} - \frac{\eta}{f}\right) & \text{per } \frac{x}{l} \leq \frac{a}{l} \\ 1000 \frac{a}{l} \left(0,5 - \frac{x}{l}\right) + \frac{Mm}{l} \left(1 - 2 \frac{x}{l} - \frac{\eta}{f}\right) & \text{per } \frac{x}{l} \geq \frac{a}{l} \end{cases} \\ &= \frac{D_o D_1}{2} - D_2 D \end{aligned}$$

Sostituendo queste espressioni nelle formule dei coefficienti A' , B' , ecc., e con opportuni sviluppi algebrici che omettiamo siamo pervenuti alle seguenti formule che ci sembrano le più appropriate per un rapido calcolo dei coefficienti:

$$\left. \begin{aligned} A' &= \frac{\frac{n}{10} \left(0,5 - \frac{a}{l}\right) \left[S_A + \frac{10}{2n} m_a \right] + \frac{n}{10} \cdot \frac{a}{l} \cdot S'_A}{\frac{1}{2} \Sigma_o} \\ B' &= \pm \frac{\frac{n}{10} \left(0,5 - \frac{a}{l}\right) \cdot S_B + \frac{n}{10} \frac{a}{l} \cdot S'_B}{\frac{1}{2} \Sigma'_x} \\ \frac{Mm}{l} D' - C' &= \frac{\frac{n}{10} \left(0,5 - \frac{a}{l}\right) \left[-S_c + \frac{10}{2n} m_c \right] - \frac{n}{10} \frac{a}{l} S'_c}{\frac{1}{2} \left[\Sigma' y + \left(\frac{\rho_o}{f} \right)^2 \Sigma \rho \right]} \end{aligned} \right\} [7]$$

nelle quali:

n è il numero di parti in cui è stata divisa la corda per l'applicazione della regola di Simpson;

$$\begin{aligned}
 m_a &= \int_0^{1/2} 1000 \left(1 - \frac{2x}{l} - \frac{\eta}{f} \right) \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} \\
 m_c &= 1000 \left(\frac{\varphi_o}{f} \right)^2 \frac{1}{2} \Sigma \varphi - \int_0^{1/2} 1000 \frac{y}{f} \left(1 - \frac{2x}{l} - \frac{\eta}{f} \right) \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} \\
 S_A &= \int_0^{a/l} \frac{10000}{16} \frac{x}{l} \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} ; \\
 S'_A &= \int_{a/l}^{1/2} \frac{10000}{16} \left(0,5 - \frac{x}{l} \right) \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} ; \\
 S_B &= \int_0^{a/l} \frac{10000}{16} \left(\frac{x}{l} \right)^2 \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} ; \\
 S'_B &= \int_{a/l}^{1/2} \frac{10000}{16} \frac{x}{l} \left(0,5 - \frac{x}{l} \right) \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} ; \\
 S_C &= \int_0^{a/l} \frac{10000}{16} \frac{y}{f} \frac{x}{l} \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} ; \\
 S'_C &= \int_{a/l}^{1/2} \frac{10000}{16} \frac{y}{f} \left(0,5 - \frac{x}{l} \right) \frac{I_o}{I \cos \theta} d \frac{x}{l} ;
 \end{aligned} \tag{7}$$

Per il calcolo degli integrali di m_a ed m_c useremo la regola di Simpson; e useremo la stessa regola per il calcolo degli integrali di S_A , S_B , ecc. (in cui occorre determinare le sommatorie progressive quando $\frac{a}{l}$ assume successivamente i valori $0, \frac{1}{n}, \frac{2}{n}, \dots, \frac{1}{2}$) avendo l'avvertenza di assumere un numero n multiplo di 4 ed usando le seguenti formule:

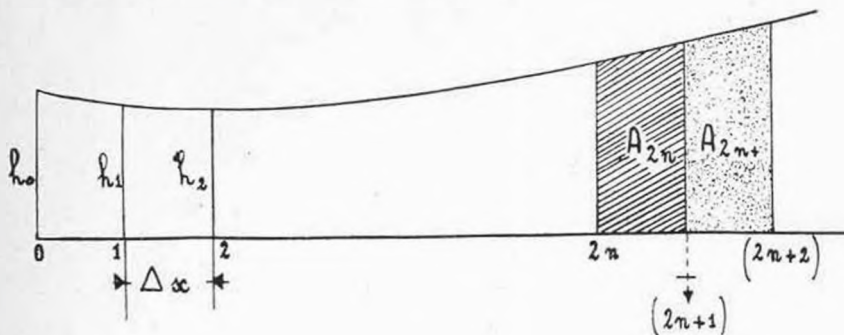


Fig. 4.

$$A_{2n} = \frac{\Delta x}{12} (5 h_{2n} + 8 h_{2n+1} - h_{2n+2})$$

$$A_{2n+1} = \frac{\Delta x}{12} (-h_{2n} + 8 h_{2n+1} + 5 h_{2n+2})$$

5. - Vediamo ora, con un esempio, come conviene impostare il calcolo delle linee di influenza; faremo ancora riferimento al ponte ad arco Autoietto, già considerato.

La impostazione e lo sviluppo del calcolo è riportato nelle tabelle I, II, III, IV, delle quali vien dato in seguito un cenno illustrativo.

Tabella I — CALCOLO DI m_a E m_e

Sezioni	$\frac{l_o}{l \cos \theta}$	coeff.	Σ_o (2) × (3)	$\frac{y}{f}$	$1000 \times$ $\times \left(1 - 2 \frac{x}{l}\right)$	$1000 \frac{x}{f}$	(6) - (7)	m_a (4) × (8)	(5) × (9)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1.-	0,0208	0,0208	+0,228	1000	1000	0.-	0.-	0.-
1	0,960	0,0833	0,0800	+0,217	875	989	-114	-9,11	-1,97
2	0,915	0,0417	0,0380	+0,178	750	950	-200	-7,60	-1,35
3	0,840	0,0333	0,0700	+0,112	625	884	-259	-18,20	-2,04
4	0,745	0,0417	0,0310	+0,013	500	785	-285	-8,80	-0,12
5	0,645	0,0833	0,0535	-0,120	375	652	-277	-14,80	+1,78
6	0,540	0,0417	0,0225	-0,287	250	485	-235	-5,28	+1,52
7	0,448	0,0833	0,0373	-0,501	125	271	-146	-5,45	+2,72
8	0,360	0,0208	0,0075	-0,772	0.-	0.-	0.-	0.-	0.-
								-69,24	+0,54

$$\frac{10}{32} m_a = \frac{10}{32} (-69,24) = -21,60$$

$$\frac{10}{32} m_e = \frac{10}{32} (0,71 - 0,54) = 0,053$$

Tabella II — CALCOLO DI S_A ; S'_A ; S_B ; S'_B ; S_C ; S'_C .

Sezioni	coeff.	$S_A \frac{I_0}{I \cos \theta}$ (2) $\times$	coeff.	$S'_A \frac{I_0}{I \cos \theta}$ (4) $\times$	coeff.	$S_B \frac{I_0}{I \cos \theta}$ (6) $\times$	coeff.	$S'_B \frac{I_0}{I \cos \theta}$ (8) $\times$	$S_C \frac{y}{f}$ (3) $\times$	$S'_C \frac{y}{f}$ (5) $\times$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		0.—		65,32		0.—		9,54	0.—	7,39
0	0.—	0.—	8,138	8,14	0.—	0.—	0.—	0.—	0.—	1,86
1	1,628	1,56	11,393	10,90	0,102	0,10	0,712	0,68	+0,34	+2,37
2	— 0,407	— 0,37	— 1,221	— 1,12	— 0,051	— 0,04	— 0,153	— 0,14	— 0,07	— 0,21
		1,19		47,40		0,06		9,00	+0,27	+3,37
0	0.—	0.—	— 1,627	— 1,63	0.—	0.—	0.—	0.—	0.—	— 0,37
1	1,628	1,56	11,393	10,90	0,102	0,10	0,712	0,68	+0,34	+2,37
2	2,034	1,86	6,103	5,60	0,254	0,23	0,763	0,70	+0,33	+1.—
		4,61		32,51		0,39		7,62	+0,94	+0,37
2	2,034	1,86	6,103	5,60	0,254	0,23	0,763	0,70	+0,33	+1.—
3	4,883	4,10	8,138	6,82	0,916	0,77	0,526	1,28	+0,46	+0,76
4	— 0,814	— 0,61	— 0,814	— 0,61	— 0,203	— 0,15	— 0,203	— 0,15	— 0,01	— 0,01
		9,96		20,72		1,24		5,79	+1,72	— 1,38
2	— 0,407	— 0,37	— 1,221	— 1,12	0,051	— 0,04	— 0,153	— 0,14	— 0,07	— 0,21
3	4,883	4,10	8,138	6,82	0,916	0,77	1,526	1,28	+0,46	+0,76
4	4,069	3,03	4,069	3,03	1,017	0,76	1,017	0,76	+0,04	+0,04
		16,72		11,94		2,73		3,89	+2,15	— 1,97
4	4,069	3,03	4,069	3,03	1,017	0,76	1,017	0,76	+0,04	+0,04
5	8,138	5,25	4,883	3,15	2,543	1,64	1,526	0,99	— 0,62	— 0,38
6	— 1,221	— 0,66	— 0,407	— 0,22	— 0,458	— 0,25	— 0,153	— 0,08	+0,19	+0,06
		24,34		5,98		4,88		2,22	+1,86	— 1,69
4	— 0,814	— 0,61	— 0,814	— 0,61	— 0,203	— 0,15	— 0,203	— 0,15	— 0,01	— 0,01
5	8,138	5,25	4,883	3,15	2,543	1,64	1,526	0,99	— 0,62	— 0,38
6	6,103	3,30	2,034	1,10	2,289	1,24	0,762	0,41	— 0,95	— 0,31
		32,28		2,34		7,61		0,97	+0,28	— 0,99
6	6,103	3,30	2,034	1,10	2,289	1,24	0,762	0,41	— 0,45	— 0,31
7	11,393	5,10	1,628	0,73	4,984	2,24	0,712	0,32	— 2,52	— 0,37
8	— 1,627	— 0,59	0,—	0,—	— 0,814	— 0,29	0.—	0.—	+0,45	0.—
		40,09		0,51		10,80		0,24	— 2,79	— 0,31
6	— 1,221	— 0,66	— 0,407	— 0,22	— 0,458	— 0,25	— 0,153	— 0,08	+0,19	+0,06
7	11,393	5,10	1,628	0,73	4,984	2,24	0,712	0,32	— 2,52	— 0,37
8	8,138	2,93	0,—	0.—	4,069	1,46	0.—	0,—	— 2,26	0.—
		47,46				14,25			— 7,38	

Verifiche: $\frac{16}{10} (47,46 + 65,32) = 180,5$; $\frac{1000}{2} 0,3612 = 180,6$; diff. 0,10 valor. trasc.

$$14,25 + 9,54 = 23,79 \quad \frac{1}{2} 47,46 = 23,73; \quad \cdot \quad 0,06 \quad \gg \quad \gg$$

$$\frac{16}{10} 14,25 = 22,80 \quad 1000 \times 0,226 = 22,65; \quad \gg \quad 0,15 \text{ pari } 0,66 \%$$

$$\frac{16}{10} (-7,38 + 7,39) = + 0,016 \text{ quantità trascurabile.}$$

Tabella III — CALCOLO DEI COEFFICIENTI A' ; B' ; $\left(\frac{Mm}{l} D' - C'\right)$

P agente sulle sezioni	0	1	2	3	4	5	6	7
$\frac{16}{10} (0,5 - a)$	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$\frac{16}{10} a$	0. —	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$S'A$	65,32	47,40	32,53	20,72	11,94	5,98	2,34	0,51
S_A	0. —	1,19	4,61	9,96	16,72	24,34	32,28	40,09
$\frac{10}{32} m a$	-21,60	-21,60	-21,60	-21,60	-21,60	-21,60	-21,60	-21,60
riga 4 + riga 5	-21,60	-20,41	-16,99	-11,64	-4,88	+ 2,74	+10,68	+18,49
$\frac{16}{10} (0,5 - a) \times \text{rig. 6}$	-17,28	-14,29	-10,19	-5,82	-1,95	+ 0,82	+ 2,14	+ 1,85
$\frac{16}{10} \cdot a \times \text{rig. 3}$	0. —	+ 4,74	+ 6,51	+ 6,22	+ 4,78	+ 2,99	+ 1,40	+ 0,36
riga 7 + riga 8	-17,28	- 9,55	- 3,68	+ 0,40	+ 2,83	+ 3,81	+ 3,54	+ 2,21
$A' = \frac{\text{riga 9}}{0,361}$	-47,80	-26,50	-10,20	+ 1,11	+ 7,85	+10,55	+ 9,80	+ 6,13
$S'B$	9,54	9. —	7,62	5,79	3,89	2,22	0,97	0,24
S_B	0. —	0,06	0,39	1,24	2,73	4,88	7,61	10,80
$\frac{16}{10} (0,5 - a) \times \text{rig. 12}$	0. —	0,042	0,234	0,620	1,092	1,464	1,522	1,080
$\frac{16}{10} a \times \text{rig. 11}$	0. —	0,900	1,524	1,737	1,556	1,110	0,582	0,108
riga 13 + riga 14	0. —	0,942	1,758	2,357	2,648	2,574	2,104	1,248
$B' = \frac{\text{riga 15}}{0,0226}$	0. —	41,70	77,80	103. —	117,20	113,80	93. —	55,20
$S'C$	+ 7,39	+ 3,37	+ 0,37	- 1,38	- 1,97	- 1,69	- 0,99	- 0,31
- S_C	0. —	- 0,27	- 0,94	- 1,72	- 2,15	- 1,86	- 0,28	+ 2,79
$\frac{10}{32} 2 \cdot m c$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
riga 18 + riga 19	0,05	- 0,22	- 0,89	- 1,67	- 2,10	- 1,81	- 0,23	+ 2,84
$\frac{16}{10} (0,5 - a) \times \text{rig. 20}$	0,040	- 0,154	- 0,534	- 0,835	- 0,840	- 0,543	- 0,046	+ 0,284
$-\frac{16}{10} a \times \text{rig. 17}$	0. —	- 0,337	- 0,074	+ 0,414	+ 0,788	+ 0,845	+ 0,594	+ 0,217
rig. 21 + rig. 22	0,040	- 0,491	- 0,608	- 0,421	- 0,052	+ 0,302	+ 0,548	+ 0,501
$(MmD - C') = \frac{\text{rig. 23}}{0,0240}$	1,67	-20,50	-25,30	-17,60	- 2,17	+12,60	+22,80	+22,00

Nota — Nelle notazioni della 2^a colonna a rappresenta il termine $\frac{a}{l}$ delle formole [7].

Tabella IV — DETERMINAZIONE LINEE DI INFLUENZA.

P agente sulle sezioni:		0	1	2	3	4	5	6	7	8
SEZIONE I										
	$-A' =$	47.80	26.50	10.20	- 1.11	- 7.85	-10.55	- 9.80	- 6.13	
(imposta sinistra)	$\frac{x}{l} = -0,5; \quad \mp B' \cdot \frac{x}{l} =$	0. -	± 20.70	± 38.85	$\pm 52. -$	± 58.25	± 57.00	± 46.50	± 27.50	
	$\frac{y}{f} = -0,772; (Mm D - C') \frac{y}{f} =$	- 1.28	+15.80	+19.50	+13.60	+ 1.67	- 9.70	-17.60	-17. -	
$(\frac{M}{l} - \frac{M_0}{l})$	per P agente sulla semiarcata di:	46.52	63.00	68.55	66.61	52.07	36.75	19.10	4.37	0
		46.52	21.60	- 8.55	-39.51	-64.43	-77.25	-73.90	-50.63	0
SEZIONE II										
	$-A' =$	47.80	26.50	10.20	- 1.11	- 7.85	-10.55	- 9.80	- 6.13	
	$\frac{x}{l} = -0,405; \quad \mp B' \cdot \frac{x}{l} =$	0. -	± 16.75	± 31.40	± 42.10	± 47.10	± 46.10	± 37.60	± 22.20	
	$\frac{y}{f} = -0,382; (Mm D - C') \frac{x}{f} =$	- 0.64	+ 7.85	+ 9.65	6.70	+ 0.83	- 4.80	- 8.70	- 8.40	
$(\frac{M}{l} - \frac{M_0}{l})$	per P agente sulla semiarcata di:	47.16	51.10	51.25	47.69	40.08	30.75	19.10	7.67	0
		47.16	17.60	-11.65	-36.51	-54.12	-61.45	-56.10	-36.73	0
SEZIONE III										
	$-A' =$	47.80	26.50	10.20	- 1.11	- 7.85	-10.55	- 9.80	- 6.13	
	$\frac{x}{l} = -0,215; \quad \mp B' \cdot \frac{x}{l} =$	0. -	± 8.90	± 14.65	± 22.30	$\pm 25. -$	± 24.50	$\pm 20. -$	± 11.80	
	$\frac{y}{f} = -0,072; (Mm D - C') \frac{y}{f} =$	+ 0.12	- 1.48	- 1.82	- 1.27	- 0.16	+ 0.91	+ 1.64	+ 1.58	
$(\frac{M}{l} - \frac{M_0}{l})$	per P agente sulla semiarcata di:	47.92	33.92	55.03	19.92	16.99	14.86	11.84	7.25	0
		47.92	16.12	- 8.27	-24.68	-34.01	-34.14	-28.16	-16.35	0
SEZIONE IV										
	$-A' =$	47.80	26.50	10.20	- 1.11	- 7.85	-10.55	- 9.80	- 6.13	
(chiave)	$\frac{x}{l} = 0; \quad \mp B' \cdot \frac{x}{l} =$	0. -	0. -	0. -	0. -	0. -	0. -	0. -	0. -	
	$\frac{y}{f} = +0,228; (Mm D - C') \frac{y}{f} =$	+ 0.38	- 4.57	- 5.77	- 4.02	- 0.50	+ 2.87	+ 5.20	+ 5,05	
$(\frac{M}{l} - \frac{M_0}{l})$	per P agente sulla semiarcata di:	48.18	21.83	4.43	- 5.13	- 8.35	- 7.68	- 4.60	- 1.08	0

Nella tabella I sono riportati i calcoli di m_a e di m_c .

Nella tabella II sono riportati i calcoli di $S_A, S'_A, S_B, S'_B, S_C, S'_C$ quando a assume successivamente i valori $0; \frac{1}{16}; \frac{2}{16}; \dots \frac{8}{16}$.

Nelle colonne 2, 4, 6, 8 sono riportati per ciascuna sezione i coefficienti di Simpson (e cioè $\frac{8}{12 \times 16}$ per le sezioni dispari; $-\frac{1}{12 \times 16}$ e $+\frac{5}{12 \times 16}$ per le sezioni pari) moltiplicati rispettivamente per: $\frac{10000}{16} \frac{x}{l}$;

$$\frac{10000}{16} \left(0,5 - \frac{x}{l}\right); \frac{10000}{16} \left(\frac{x}{l}\right)^2; \frac{10000}{16} \frac{x}{l} \left(0,5 - \frac{x}{l}\right).$$

Nelle colonne 3, 7, 10; 5, 9, 11, sono riportate le sommatorie progressive, dall'alto in basso per le prime; dal basso in alto per le altre tre colonne.

Dopo aver calcolato la tabella II è opportuno eseguire le seguenti verifiche:

$$\frac{16}{10} (S_A \text{ relativo alla sezione 8} + S'_A \text{ relativo alla sezione 0}) = \frac{1000}{4} \Sigma_0$$

$$(S_B \text{ relativo alla sezione 8} + S'_B \text{ relativo alla sezione 0}) = \frac{1}{2} (S_A \text{ relativo sez. 8})$$

$$\frac{16}{10} (S_B \text{ relativo sez. 8}) = \frac{1000}{2} \Sigma'_x$$

$$(S_C \text{ relativo sez. 8}) + (S'_C \text{ relativo sez. 0}) = S = 0.$$

I calcoli sono accettabili se le prime tre verifiche danno luogo ad una variazione inferiore all'1 % e se il valore di $\frac{16}{10} S$ (quarta verifica) è inferiore all'1 % di $\Sigma' \eta$.

Nella tabella III sono riportati i calcoli dei coefficienti $A', B' (M_m D' \cdot C')$ e nella tabella IV sono calcolati i valori dei momenti $\frac{M}{l}$ relativi alle sezioni considerate dal Guidi e cioè:

sezione dell'imposta sinistra I; sezioni intermedie II (di ascissa $\frac{x}{l} = -0,405$ e ordinata $\frac{y}{f} = -0,381$) e III ($\frac{x}{l} = -0,215; \frac{y}{f} = -0,073$) e sezione di chiave IV.

In base ai valori della tabella IV sono state tracciate nelle annesse tavole le linee di influenza; per le sezioni II e III ai valori della tabella si debbono aggiungere i valori di $\frac{M_o}{l}$; a questo scopo basta riferire la curva alle spezzate $A S C B$, spezzate che rappresentano le linee di influenza dei momenti $\frac{M_o}{l}$ dell'arco a tre cerniere.

Per eseguire un raffronto coi valori trovati dal Guidi e riportati nella tabella a pag. 480, abbiamo determinato i valori M (media dei valori M_m ed M_n relativi ai punti di nocciolo delle sezioni) ed abbiamo quindi calcolati i valori di $1000 \frac{M}{l}$ valori riportati nella tabella seguente:

Posizione del carico	Ascissa $\frac{x}{l}$	Valore di $1000 \frac{M}{l}$ nelle sezioni:			
		I	II	III	IV
1	0.451	+ 2.91	+ 1.02	- 0.84	- 0.71
2	0.350	+24.95	+ 8.60	- 7.30	- 5.73
3	0.250	+52.40	+15.80	-17.10	- 8.90
4	0.1665	+66.90	+16.60	-23.90	- 4.25
5	0.0825	+65.90	+10.40	-25.90	+15.24
6	0. —	+46.30	- 2.35	-19.05	+49.50
7	-0.0825	+11.10	-18.60	- 6.37	
8	-0.1665	-30. —	-31.40	+29.50	
III	-0.215			+54.30	
9	-0.250	-63. —	-32.80	+39.70	
10	-0.350	-78. —	-10.30	+12.90	
II	-0.405		+18.50		
11	-0.451	-40. —	+ 5.01	+ 1.28	

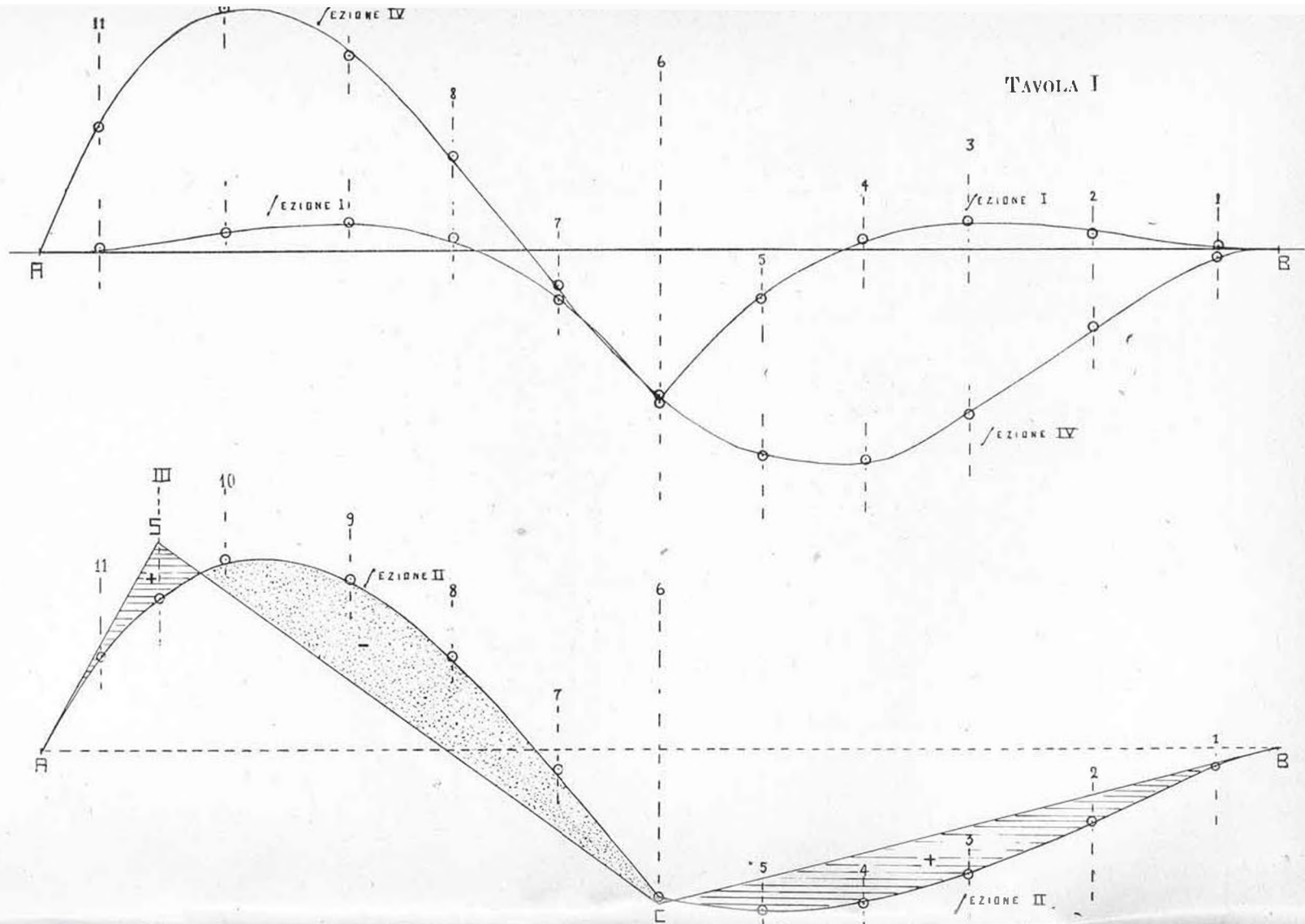
Abbiamo riportato questi valori nelle allegate tavole di disegno e, come può rilevarsi, i relativi punti sono molto prossimi alle linee di influenza da noi tracciate.

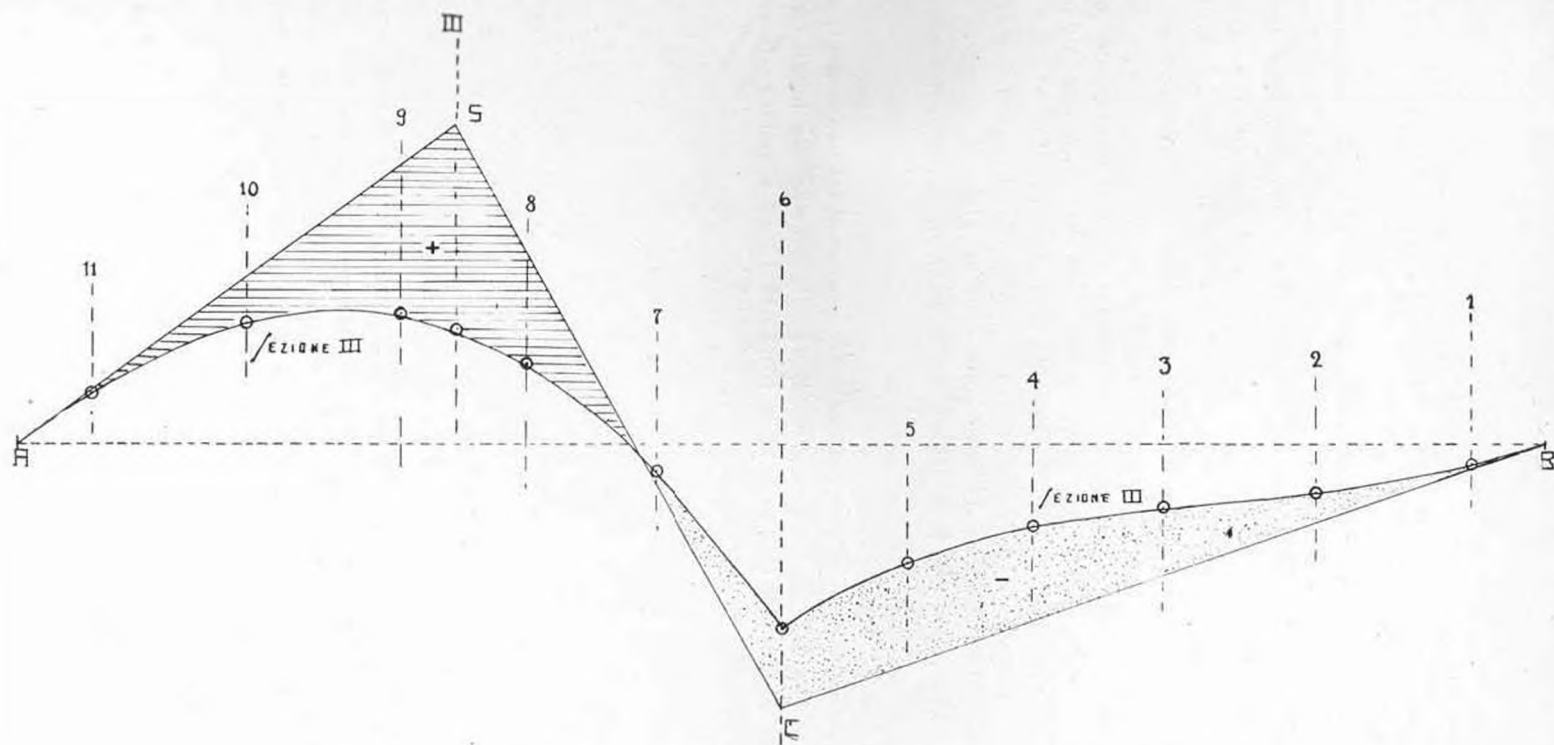
Se infine, come spesso si usa in pratica, la verifica di stabilità viene limitata alla ipotesi di un sovraccarico uniformemente distribuito esteso a tutto l'arco o limitato a mezza arcata, si può istituire un calcolo molto semplice e rapido di cui omettiamo lo sviluppo.

6. - A conclusione del presente studio faremo alcune considerazioni.

Nelle espressioni delle componenti M , V , H della sollecitazione in una sezione generica dell'arco (formule 1, 2, 4 e 6) figura come primo termine il valore della sollecitazione relativa all'arco a tre cerniere; gli altri termini rappresentano le correzioni da apportare per tenere conto degli incastri; detti termini sono dello stesso ordine di grandezza dei valori di M , V , H salvo il caso in cui questi ultimi siano nulli o molto piccoli; ma in questo caso un errore percentuale anche forte ha scarsa influenza sul calcolo di stabilità. Pertanto nel calcolo delle varie sommatorie, Σ_o , Σ_x , ecc. è più che

TAVOLA I





sufficiente l'approssimazione che si può ottenere con l'impiego di un comune regolo calcolatore. L'unica determinazione da eseguire con molta esattezza e tenendo conto di parecchie cifre è il calcolo di M_o , V_o , H_o relativi al carico permanente.

Una volta conosciute le caratteristiche dell'arco (che nel nostro esempio sono riportate nelle prime sette colonne della tabella 1), il calcolo delle sue funzioni caratteristiche (tabella 2 e ultime tre colonne della tabella 1), il calcolo dei coefficienti A' , B' , C' , D' relativi al peso proprio (tabella 3) ed il calcolo degli elementi per il tracciamento delle linee di influenza (tabelle I, II, III e IV) possono essere agevolmente compiuti da un ingegnere e un aiutante in meno di una giornata di lavoro.

I calcoli delle varie tabelle richiedono soltanto una buona pratica nell'uso del regolo calcolatore, le numerose verifiche consentono di individuare facilmente eventuali errori, il controllo è facile e rapido.

Con l'impiego delle formule [6] è inoltre facilitato il raffronto fra il comportamento dell'arco da esaminare e di un altro arco (ad es. una serie di archi tipo) dato che le funzioni che entrano in giuoco sono ridotte a tre:

$$\frac{\eta}{f} ; \frac{I_o}{I \cos \theta} ; \left(\frac{\rho}{\rho_o} \right)^2.$$

Infine se si vuol tenere esattamente conto dell'influenza degli sforzi normali e di taglio non è necessario ripetere il calcolo, ma basta calcolare gli integrali contenenti il semiasse ρ_1 [formula 1] ed apportare le conseguenti correzioni ai coefficienti A , B , C , D .

Macchine moderne per i lavori di terra

Ten. del genio GIULIO MALVANI

GENERALITÀ.

Forse poche categorie di macchine hanno saputo conquistare così rapidamente i mercati come quelle destinate ai lavori di terra. Il motivo? Essenzialmente quello economico, come dimostra la seguente tabella (I), riportante le variazioni di alcuni costi riscontrati negli S.U.A. tra gli anni 1926 e 1946.

TABELLA I

	Yard cubo di lavoro di terra	Yard quadrato di pavimentazione cementizia	Yard cubo di cemento armato
1926	0,352 dollari	2,25 dollari	22,15 dollari
1946	0,350 »	2,75 »	39,83 »
Differenza	— 0,002 »	+ 0,5 »	+ 17,68 »
Variazioni in %	— 0,57 %	+ 22,4 %	+ 80 %

Come si vede, gli unici costi in diminuzione, nonostante la svalutazione monetaria, sono quelli riferiti ai lavori di terra: conseguenza questa del grande impiego fatto, in questi ultimi anni, di idonee e potenti attrezzature meccaniche, le quali permettono un grandissimo risparmio di mano d'opera.

Largo impiego di tali macchine hanno fatto, nel corso della recente guerra, anche gli eserciti operanti (in particolare il tedesco e l'americano), al fine di potere eseguire rapidamente lavori stradali o simili, senza peraltro destinarvi troppi uomini.

In Italia tali macchine hanno cominciato a diffondersi solamente in questi ultimi anni; tale ritardo nel seguire gli sviluppi della tecnica ame-

ricana è dovuto probabilmente al nostro diverso regime economico, alla nostra povertà e al fatto che la gran massa della nostra industria è troppo piccola e lavora in maniera troppo saltuaria per potere acquistare, con sicurezza di un rapido ammortamento, tali macchine, il cui costo non di rado è dell'ordine di decine di milioni di lire.

Tuttavia, sia pure con un certo ritardo, siamo anche noi sulla via di meccanizzare i nostri cantieri di lavori di terra: i carri a cavalli, le carriole a mano, i badili tendono sempre più a diventare lontani ricordi e ben presto — così è almeno da augurarsi — sopravviveranno solamente nelle pagine dei vecchi testi di « Costruzioni stradali e ferroviarie ».

Non si creda però che l'impiego di tali macchine sia facile; se non si conoscono a fondo, si da poterle impiegare nel modo più opportuno, si rischia di ottenere rendimenti di lavoro assai bassi e quindi — dato il notevole costo di tali macchine — perdite economiche ingenti.

Non è quindi forse inopportuno richiamare l'attenzione sui principali tipi di macchine esistenti, esaminando quale sia il campo di azione di ognuna di esse e dando alcune notizie su come vadano impiantati i cantieri di lavoro.

I PRINCIPALI TIPI DI MACCHINE PER I LAVORI DI TERRA.

Non è certo agevole classificare le macchine in un determinato numero di gruppi, poichè alcune di queste si possono prestare a lavori concettualmente assai diversi tra loro. Tuttavia, a scopo didattico, si adotterà la seguente suddivisione:

- macchine destinate principalmente al traino;
- macchine destinate unicamente al trasporto;
- macchine destinate allo scavo e al trasporto;
- macchine della famiglia dei graders;
- macchine per frangere la terra;
- macchine per costipare;
- macchine per caricare la terra sciolta sui mezzi di trasporto.

Si daranno di seguito alcuni cenni sui principali tipi di macchine appartenenti ai vari gruppi; si sorvolerà però, per non rendere troppo pesante questa breve nota, su tutte quelle che sono particolarità costruttive e di funzionamento, insistendo invece su quanto può servire a dare un'idea dei tipi dei lavori conseguibili e delle prestazioni ottenibili.

Macchine destinate principalmente al traino.

Tali macchine sono costituite principalmente dai trattori, i quali costituiscono come l'« anima » di ogni cantiere dei lavori di terra. Essi hanno

preso oggi su di sè, naturalmente con ben altre proporzioni di potenza, il ruolo altri tempi affidato agli animali da tiro: infatti, ora li troviamo impiegati a trainare dei vagoni-rimorchio o degli *scrapers*, ora a spingere un carro; altre volte, attrezzati a *bulldozer*, li troviamo intenti ad aprire piste o ad effettuare lavori di trasporto delle terre scavate.

Schematicamente essi possono considerarsi costituiti da un robusto châssis, da un motore Diesel e da organi di contatto con la via.

Per poter coprire tutta la vasta gamma di compiti richiesti ai trattori, essi vengono costruiti in numerosi tipi, con motori capaci di sviluppare potenze al gancio variabili tra i 30 e i 130 HP; di solito sono dotati di $4 \div 6$ marce in avanti ed $1 \div 2$ indietro. La massima velocità in avanti si aggira sugli $8 \div 11$ km/h per i trattori a cingoli, e sui $35 \div 50$ km/h per quelli a pneumatici; la velocità di marcia indietro varia invece tra $2,5 \div 10$ km/h. Mediamente si può ritenere che il rapporto tra il peso totale del trattore e la sua potenza al gancio sia pari a $100 \div 130$ kg/HP.

Come organi di contatto con la via i trattori possono avere dei cingoli o dei pneumatici.

I cingoli si prestano assai bene a lavorare fuori strada, su terreni non sistemati o con scarsa capacità portante (1); permettono, mediante bloccaggio di un cingolo, di effettuare la manovra di volta quasi sul posto; consentono, se opportunamente scelti, coefficienti di aderenza assai elevati ($f = 0,8 \div 0,9$) qualunque sia la condizione del fondo stradale; di contro, permettono di sviluppare velocità di marcia assai modeste.

I pneumatici a bassa pressione presentano invece i vantaggi di una minor resistenza al rotolamento (vedi tabella II) e di poter realizzare velocità sufficientemente elevate; sono però più legati alle condizioni del fondo stradale ed hanno coefficienti di aderenza più variabili con le condizioni di questo (vedi tabella III); in breve, trovano impiego razionale limitatamente ai casi di trasporti rapidi su buone strade. Per i perditempi dovuti alle accelerazioni o rallentamenti si può ritenere, grosso modo e tenendo conto di una velocità media di 28 km/h, che siano espressi da un numero di minuti primi pari al prodotto della resistenza al rotolamento per 0,045.

Assai interessante, e anche assai diffuso per i buoni risultati che ha dato, è il trattore a pneumatici a 1 solo asse detto *tournapull* il quale è costituito, schematicamente, da un trattore con un solo asse anteriore; per assicurarne la stabilità lo si collega, con dispositivo a sella, al rimorchio, del quale prende anche parte del carico, sì da migliorare in pari tempo la condizione di aderenza.

(1) Di solito sono dimensionati in guisa da scaricare sul terreno una pressione di $0,35 \div 0,6$ kg/cm².

TABELLA II

Valori della resistenza al rotolamento (2) in kg/tonn

NATURA DELLA PISTA	Pneumatici		Cingoli
	Alta pressione	Bassa pressione	
Calcestruzzo	17,5	23	28
Buon macadam	33,5	27,5	32,5
Terra secca e polverosa	55	35	40
Terra non lavorata	75	40	55
Terra secca lavorata	99,5	45	64,5
Terra con asperità o fango	106	50	80
Sabbia o ghiaia sciolta	137	70	90
Terra fangosa o con buche	174	88	112

TABELLA III

Coefficienti di aderenza per pneumatici a bassa pressione (kg/tonn)

NATURA DELLA PISTA	<i>f</i>
Calcestruzzo	0,88 ÷ 1,00
Argilla e marna asciutta	0,50 ÷ 0,58
Argilla e marna bagnata	0,40 ÷ 0,49
Argilla e marna	0,40 ÷ 0,44
Ghiaia	0,36
Marna sabbiosa	0,20 ÷ 0,35
Sabbia sciolta	0,20 ÷ 0,35
Neve compatta	0,20
Ghiaccio	0,12

(2) Definiscisi resistenza al rotolamento la resistenza che incontra un veicolo che si muove di moto rettilineo ed uniforme su una livelletta di pendenza 0°/∞; da tale resistenza è però esclusa quella dovuta all'aria. Come è noto, tale resistenza non è costante, ma variante con la velocità; tuttavia, per semplicità, e date le basse velocità in gioco nel corso dei lavori di terra, nella tab. II si è trascurata tale resistenza e si è assunto un valore medio.

Macchine destinate unicamente al trasporto.

Sono costituite dai vagoni-rimorchio e loro derivazioni: il *buggy*, il *tourn-trailer*, il *dumper*.

I vagoni-rimorchio (fig. 1) sono simili a grossi vagoni *décauville*, aventi capacità variabili tra i 6 e i 13,5 m³; sono montati su cingoli o su pneumatici e vengono trainati da un trattore.

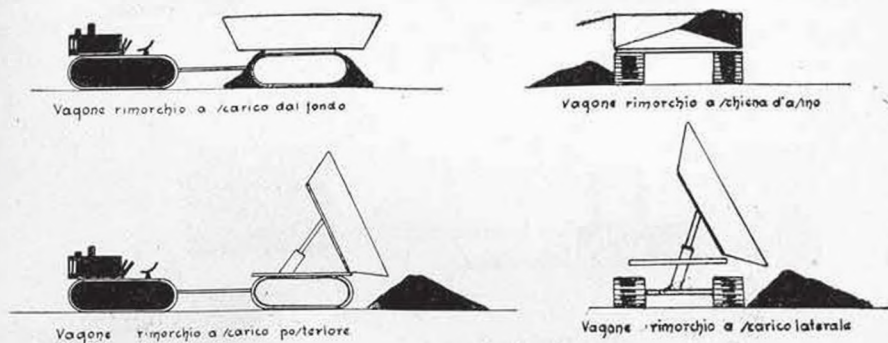


Fig. 1.

Macchine addette al solo trasporto: vagone rimorchio.

Il loro impiego viene ritenuto economicamente conveniente per il trasporto di grossi volumi di terra su grandi distanze (maggiori di 600 m).

Esistono vari tipi di vagoni-rimorchio, i quali differiscono fra di loro per il modo con cui avviene lo scarico; alcuni di essi scaricano il materiale in seguito ad apertura del fondo del cassone, altri lo scaricano lateralmente o posteriormente in seguito a oscillazione del cassone, mentre altri ancora effettuano lo scarico lateralmente mediante apertura delle pareti laterali; in tali ultimi tipi, per agevolare la caduta del materiale, il fondo del cassone è profilato a schiena d'asino.

Per i vagoni-rimorchio a scarico dal fondo, il peso è di circa 770 kg per m³ di capacità nominale del cassone; per quelli a scarico laterale o posteriore il peso si aggira in media sui 1070 kg/m³.

Il *buggy* (fig. 2) è un grosso carro a due ruote, della capacità di circa 13,5 m³. Il complesso delle 4 pareti laterali del suo cassone può scorrere rispetto al fondo, in seguito a comando (3) trasmesso dal conduttore del trattore, in guisa da obbligare il materiale trasportato a uscir fuori e scaricarsi posteriormente.

(3) Tutti i movimenti di queste macchine, come anche di quelle di cui diremo in seguito, non sono mai comandati direttamente dall'operatore, ma indirettamente mediante trasmissioni meccaniche o idrauliche.

Il tourntailer può considerarsi come l'accoppiamento di un buggy con un tournapull; dal connubio permanente di un vagone-rimorchio a due ruote a scarico posteriore con un trattore a due ruote deriva invece il dumper (fig. 2).

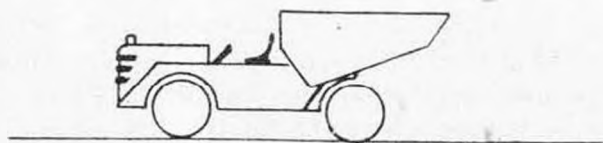
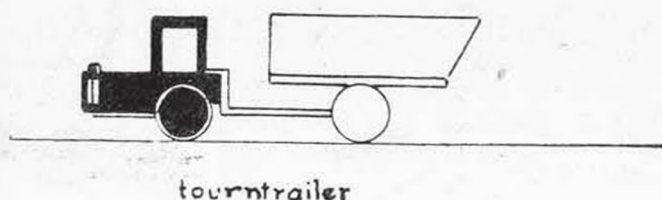
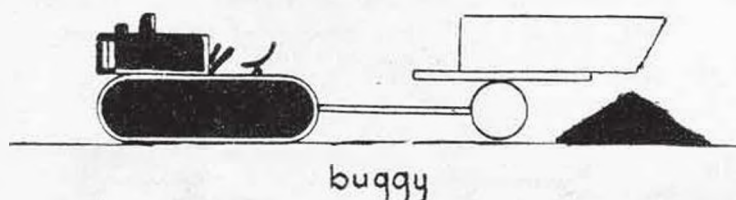


Fig. 2.

Macchine addette al solo trasporto.

Macchine destinate allo scavo ed al trasporto.

Sono costituite dai *dozers* (*bulldozers* e *angledozers*), dagli *scrapers* e dai raschiatori a cavo.

Il bulldozer (fig. 3) è una robusta lama, con annessa incastellatura di collegamento al trattore e relativi organi di comando (4), posta anteriormente al trattore e formante con l'asse longitudinale di questo un angolo di 90° . La lama può essere fissata ai bracci dell'incastellatura mediante cerniere a occhio o con giunti cardanici; in questo secondo caso è possibile dare alla lama delle inclinazioni trasversali (pur restando fermo l'angolo di 90° di cui sopra), cosa questa assai utile, specialmente nei lavori a mezza costa. Se in-

(4) Di solito si preferiscono dispositivi di comando idraulici nei tipi piccoli, meccanici nei grandi.

vece la lama può assumere, rispetto all'asse longitudinale del trattore, delle inclinazioni diverse da 90° , si ha l'angledozer (fig. 4).

L'impiego di queste macchine è assai diffuso dato il loro costo moderato e la possibilità di assolvere a vari compiti; infatti si prestano assai bene per eseguire scassi di limitata entità ($20 \div 30$ cm per passata), per trasportare il materiale scavato spingendolo avanti a sé (caso del bulldozer), per liberare il terreno da arbusti e boscaglia, per svelle piante; l'angledozer poi riesce particolarmente utile nel caso si debbano eseguire scavi a mezza costa (fig. 5) (scavo della terra a monte e contemporaneo scarico verso valle) (5).

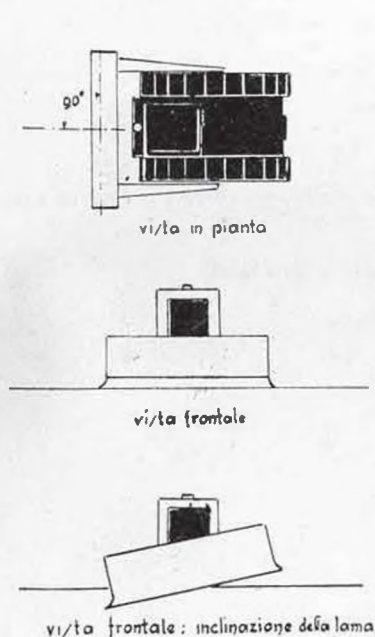


Fig. 3.
Bulldozer.



Fig. 4.
Angledozer.

I dozers si impiegano normalmente su distanze inferiori ai 100 m facendoli lavorare a va e vieni (andata carico, ritorno scarico); onde evitare i perditempi causati dalle volte a fine corsa, è opportuno che i trattori effettuino il ritorno a marcia indietro; a tal fine è assai utile che il trattore sia in grado di sviluppare una relativamente elevata velocità di retromarcia. La fig. 6 è chiara testimonianza dell'asserto.

(5) I dozers si prestano anche per spianare delle superfici, sia pure sommariamente (lasciandovi cioè solamente delle asperità dell'ordine di pochi cm).

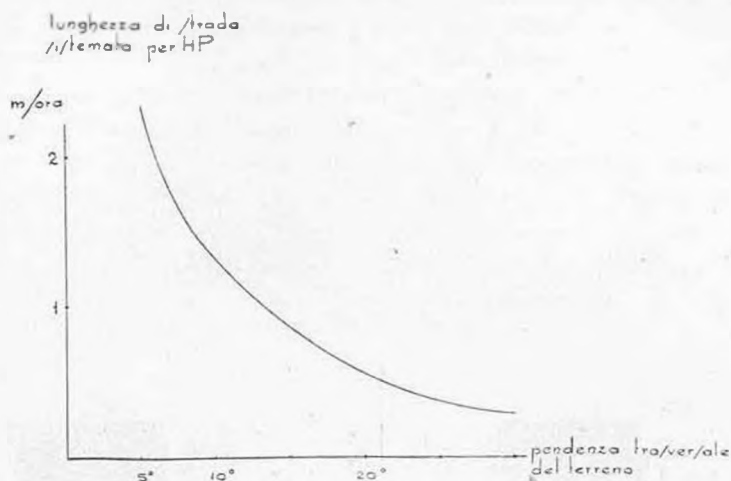


Fig. 5.

Lunghezza di strada sistemata in 1 ora da un angledozer, riferita a 1 HP di potenza (la larghezza della strada è di m. 3).

- ① Con velocità di marcia indietro di 4 km/h
 ② " " " " " " 8 " "

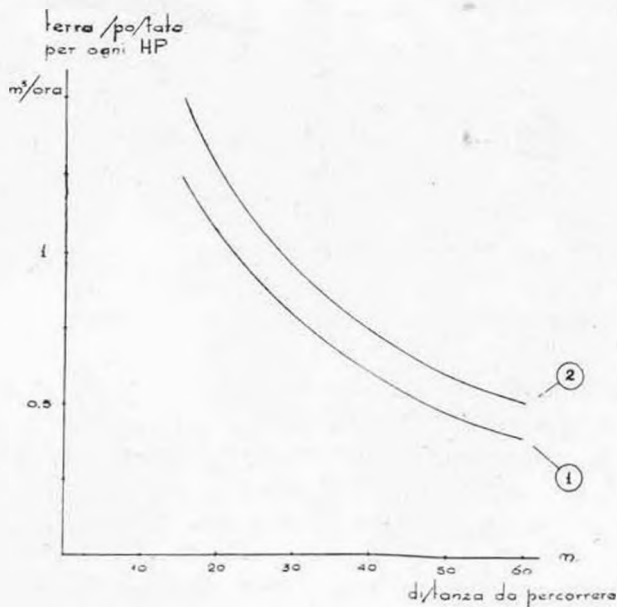


Fig. 6.

Portata di un bulldozer in m³/h e per HP. di potenza, nel caso di terra naturale scavata. Nel caso che invece il lavoro consista in semplice spostamento di terra già scavata, le ordinate devono moltiplicarsi per 1.3.

Gli scrapers sono le macchine classiche per i grandi momenti di trasporto (6); a differenza dei bulldozers non sono però idonee ai lavori di disboscamento. Sorvolando sul rotary scraper, macchina relativamente piccola e non molto diffusa, ci si soffermerà in particolare sui vagoni-scrapers (detti anche, più prevalentemente, scrapers), i quali sono capaci di eseguire da soli le operazioni di scavo, caricamento, trasporto e scarico. Essi sono costituiti da un cassone avente capacità variabile a seconda dei tipi da 2,25 a 20 m³; la sua parete anteriore è mobile sì da permetterne l'apertura e la chiusura; la parete di fondo, fissa, porta una robusta lama, destinata a scavare il terreno e sistemata sul lembo anteriore. Per il movimento lo scraper è dotato di pneumatici giganti montati su di un solo asse (scraper a scarico posteriore) o su due assi (scraper a scarico anteriore) (fig. 7 e fig. 8). Quando lo scraper

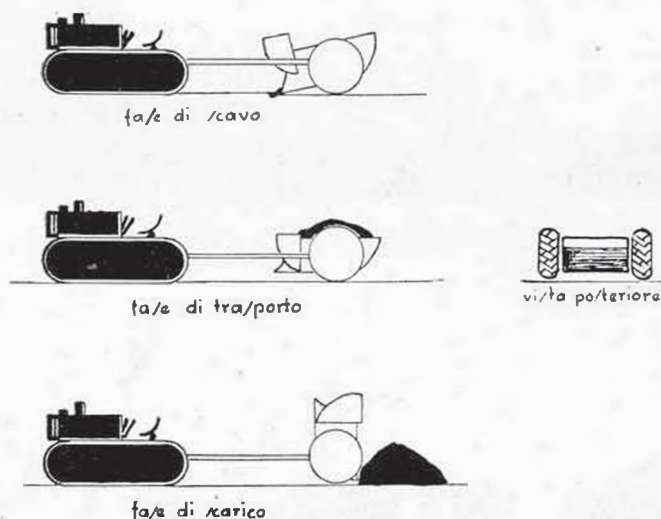


Fig. 7.

Scraper a scarico posteriore.

deve scavare la terra e caricarla il cassone viene abbassato fino a far mordere la lama nel terreno; contemporaneamente la parete anteriore viene aperta per lasciar libero ingresso alla terra scavata. Per passare poi alla fase di trasporto basta sollevare il cassone, sì che la lama non morda più, e chiudere la parete anteriore.

Gli scrapers a scarico posteriore sono più leggeri e più economici di quelli a scarico anteriore; però, avendo la carreggiata delle ruote più ampia della larghezza del cassone, non si prestano ad eseguire trincee.

(6) Il momento di trasporto è dato dal prodotto del m³ di terra da scavare per la distanza cui questa deve essere trasportata; esso indica quindi, in maniera sintetica, la mole di lavoro di un dato cantiere.

Per grandi volumi di terra e distanze di $100 \div 600$ m si impiegano scrapers accoppiati a trattori a cingoli; per distanze maggiori conviene invece ricorrere a scraper con trattori a pneumatici o gruppo *carryall-tournapull*.

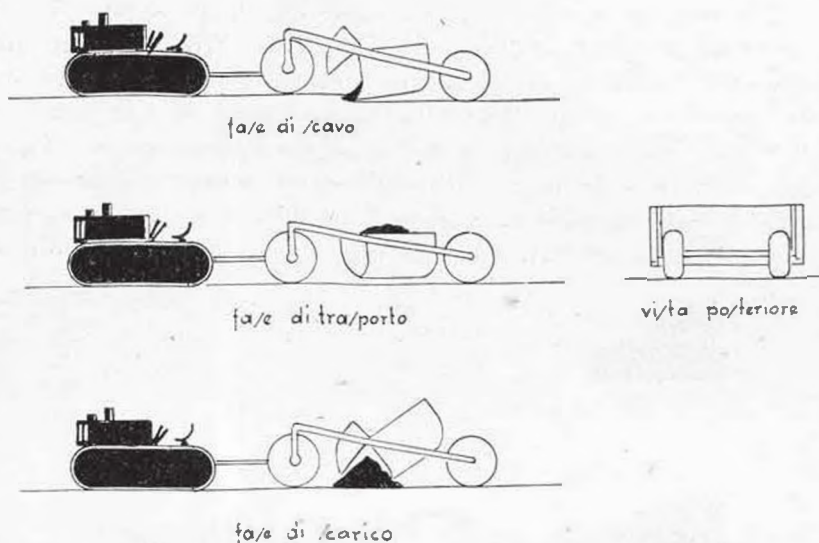


Fig. 8.

Scraper a scarico anteriore.



Fig. 9.

Pusher.

Il *carryall* altro non è che uno scraper con capacità di $8,25 \div 33$ m³, che si può ritenere derivato da uno scraper a scarico anteriore per eliminazione di un assale e aggiunta dei dispositivi necessari per il collegamento a sella col *tournapull*.

L'energia richiesta dagli scrapers al trattore varia secondo le fasi di lavoro e precisamente è massima nella fase di scavo, minima nella fase di ritorno a vuoto; per sopperire a questo, ed evitare di dotare gli scrapers di trattori troppo pesanti per le esigenze medie (il che significherebbe un danno economico per l'andamento del cantiere), si ricorre spesso all'artificio dell'adozione di un *pusher* (fig. 9). Il *pusher* altro non è che un trattore ausi-

liario munito anteriormente di una piastra di spinta, il quale, nella fase di scavo, aiuta il trattore addetto al rimorchio dello scraper, spingendo quest'ultimo da dietro. Nell'organizzare un cantiere con $2 \div 3$ scrapers si dovrà porre attenzione a calcolare i cicli di lavoro, in modo che un solo pusher possa servire tutti i vari scrapers, senza mai restare inattivo.

Altro artificio per diminuire lo sforzo di trazione nella fase di scavo è di lavorare finchè possibile nel senso della discesa, sì che allo sforzo motore venga a sommarsi anche una componente del peso proprio.

Il rapporto tra la potenza (HP) del trattore a cingoli e la capacità nominale (7) (m^3) dello scraper è di circa $10 \div 15$ HP/ m^3 per gli scrapers a sca-

- ① Carryall con capacità normale di $8,25 m^3$
 ② " " " " " $11,25 "$

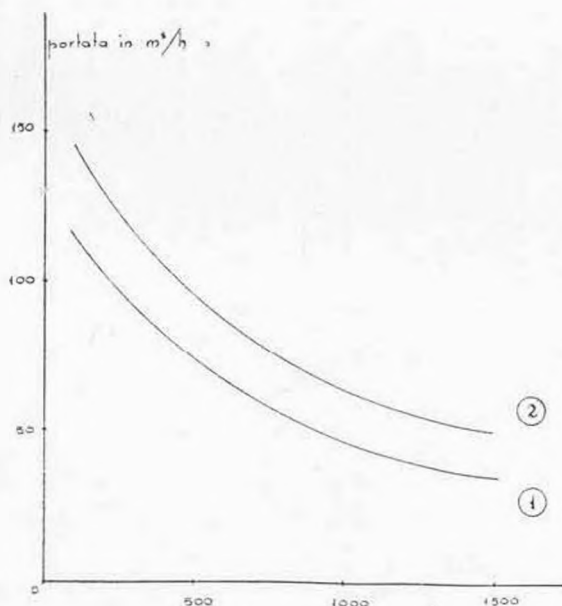


Fig. 10.

Portata in m^3/h di carryall con pusher.

rico posteriore e di $12 \div 18$ HP/ m^3 per gli scrapers a scarico anteriore; la distanza economica di trasporto (m) può ritenersi, grosso modo, data dal prodotto della capacità nominale (m^3) per una costante variabile tra $10 \div 30$;

(7) Dicesi capacità nominale C_n il volume totale della cassa; capacità effettiva C_e è invece il volume della cassa che viene effettivamente riempito di terra. Mediamente può ritenersi:

$$C_e = \frac{2}{3} C_n$$

il peso proprio (tonn) di uno scraper può ritenersi pari al prodotto della capacità nominale per 0,8 (scraper a scarico posteriore) o 1 (scraper a scarico anteriore); il tempo necessario per il caricamento di uno scraper è in media di 1'; i tempi fissi assorbiti dalle operazioni di volta, carico e scarico nel corso di un ciclo completo possono ritenersi mediamente pari a 1,5 minuti primi per gli scrapers a scarico posteriore e a 2 minuti primi per quelli a scarico anteriore; se l'operazione di scavo è fatta con l'ausilio del pusher, i tempi di cui sopra vanno ridotti di circa $\frac{1}{4}$.

La tabella IV e la fig. 10 forniscono dati relativi alla capacità di lavoro degli scrapers e dei carryalls.

TABELLA IV

Scraper a scarico	m ³ di terra scavata e trasportata, per ora e per m ³ di capacità effettiva, su una distanza di m						
	50	100	200	300	400	500	600
Posteriore	26	21	13,3	10,5	8,5	7	6
Anteriore	23	17	12	9	7,5	6,3	5,6
Anteriore e pusher	—	20	13,5	10,2	8	6,6	5,7

I raschiatori a cavo vengono utilmente impiegati in lavori di scavo su terreni inaccessibili (fondo di corsi d'acqua o paludi; scarpate molto sensite) o aventi una capacità portante troppo bassa per sopportare i comuni mezzi di scavo.

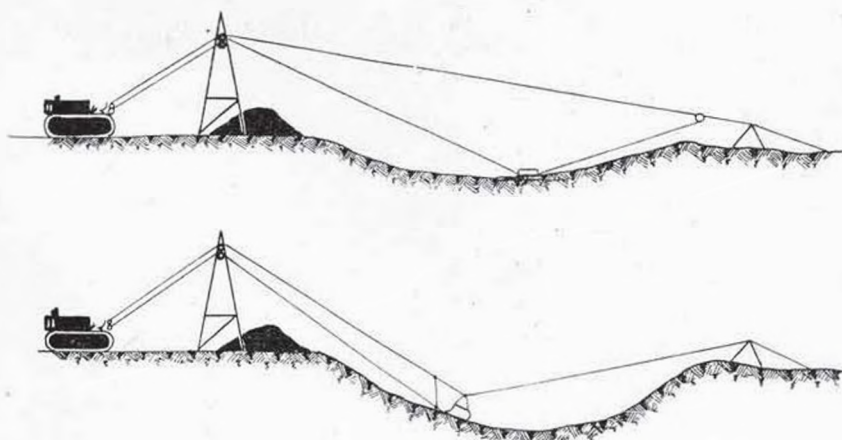


Fig. 11.

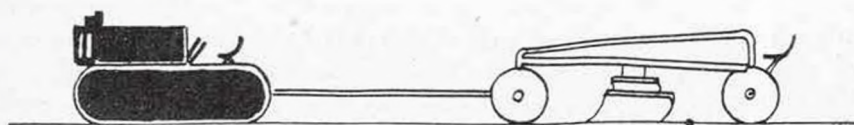
Impianti con raschiatori a cavo.

Un'attrezzatura per raschiatore a cavo è, schematicamente, così costituita (fig. 11):

- 2 ancoraggi terminali, tra i quali sono tesi i cavi;
- 1 sorgente di energia, azionante il verricello che comanda i cavi (tale sorgente, assai spesso, è costituita da un trattore, il quale assicura contemporaneamente, col suo peso proprio, anche l'ancoraggio);
- 1 raschiatore.

I raschiatori possono essere classati in due tipi, a seconda che la cassa sia senza fondo ovvero con fondo. Ambedue scavano raschiando sul terreno; però, mentre i primi sono obbligati a effettuare la fase di trasporto sempre strisciando sul fondo, i secondi possono invece anche sollevarsi da terra.

La capacità della cassa, a seconda dei tipi, varia da 0,25 a 1,50 m³.



Grader a lama

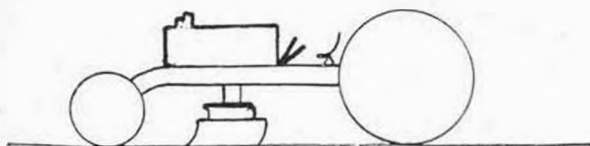


Fig. 12.
Autopattroll.

Macchine della famiglia dei graders.

Comprendono il grader a lama, a rimorchio o automotore (8), e l'*elevating grader* (fig. 12).

Il grader a lama ha compiti analoghi a quelli dell'angledozer, salvo che la funzione di « scavo » perde assai di importanza mentre ne acquista quella

(8) Il grader automotore è detto anche *speed-pattroll* o *autopattroll*.

di « finitura » (9). E' costituito da un robusto telaio a 3 o 4 ruote (10) su cui è montata una lama (lunga m $2,40 \div 4,90$) suscettibile di spostamenti sia sul piano orizzontale che verticale. Tale grader è particolarmente idoneo per scavare cunette ad ala, per lavori di livellamento, di spostamenti di terra già smossa, di scavo su piccole profondità; in questi ultimi lavori, specie se il terreno è duro, si usa montare un *ripper* davanti alla lama, onde agevolare il compito di questa. A seconda dei lavori, la potenza al gancio da richiedere al trattore varia dai 35 ai 130 HP.

L'autopattroll è in tutto simile al grader a lama, salvo che è automotore; il che, se pure gli conferisce pregi di economia e leggerezza, non consente però lavori su pendii troppo ripidi; il suo principale campo di impiego è la manutenzione delle piste.

L'elevating grader deriva concettualmente dal grader a lama, previa sostituzione della lama con un vomere a disco e l'aggiunta di un nastro caricatore, il quale riceve la terra smossa dal disco, la solleva e la scarica lateralmente al grader; se dei vagoni-rimorchio si muovono parallelamente a tale macchina, la terra può venire direttamente caricata su di questi. Compiti principali dell'elevating grader sono lo scavo di canali e l'esecuzione di rilevati. Le sue prestazioni sono, come è logico, funzione anche della natura del terreno: terreni troppo duri o che tendono a scivolare sul nastro (sabbia) mal si prestano per ottenere buoni rendimenti.

Esistono in commercio due tipi di elevating grader: uno con nastro trasportatore largo 1,00 m, l'altro 1,20 m; la lunghezza del nastro varia tra $5,80 \div 7,60$ m. La quantità media di terra scavabile in 1 ora è di $120 \div 260$ m³/h per il primo tipo, e di $125 \div 360$ m³/h per il secondo. Per caricare un metro cubo di cassone di vagone rimorchio il primo tipo impiega circa 0,378 minuti primi, il secondo 0,296 minuti primi.

Macchine per frangere la terra.

Quando il terreno è molto duro (vecchie massicciate stradali o casi simili), è bene agevolare l'azione delle macchine destinate allo scavo facendole precedere da grossi erpici, detti *rippers* (11).

Il *ripper* (fig. 13) è costituito da uno chassis a 2 ruote, portante $3 \div 5$ denti (o ramponi), molto robusti e terminanti con puntale di acciaio. I

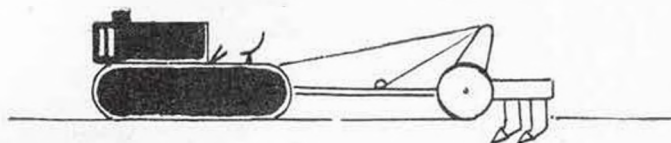
(9) Infatti il nome di « grader a lama » è stato da noi tradotto col termine di « livellatrice ».

(10) Le ruote del grader a lama ed i suoi organi di attracco al trattore addetto al rimorchio sono studiati in guisa da permettergli anche il lavoro su pendii molto sentiti e di avanzare quindi disassato rispetto all'asse longitudinale del trattore (il quale non può e non deve marciare su detti pendii).

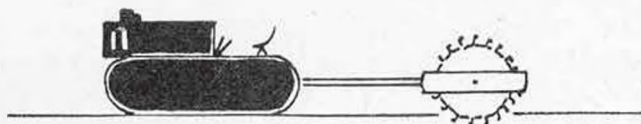
(11) Si omette di dire del Seaman-mixer poichè tali macchine, più che nei cantieri dei lavori di terra, vengono impiegati nella costruzione di strade in terra stabilizzata.

denti vengono fatti penetrare nel terreno fino alla profondità voluta (12), mediante comando meccanico o idraulico. La potenza al gancio da richiedere al trattore si aggira in media sui $25 \div 35$ HP per ogni tonn. di peso del ripper.

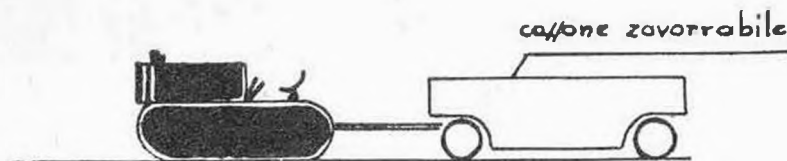
Nel caso che il terreno non sia così duro da richiedere l'azione del ripper, si possono usare con successo anche gli aratri dell'agricoltura.



Ripper



Rullo a piedi di montone



Rullo a pneumatici

Fig. 13.

Le macchine per costipare.

Per costipare i terreni esiste una gamma assai vasta di attrezzature, per ognuna delle quali vi è un campo di azione di miglior rendimento. Così, ad

(12) Nel ripper più grandi la profondità massima d'affondamento è di 0,75 m.

esempio, i rulli lisci trovano buon impiego su terreni costituiti da frammenti di rocce, da ciottoli o da ghiaia; i rulli a piede e quelli pneumatici sono più convenienti con i terreni coesivi, i primi per assestare, i secondi per finire; i rulli a cingoli vengono ordinariamente impiegati su terreni incoerenti, sopra i quali si ottengono buoni risultati anche con i vibratori; i pesi cadenti vengono invece impiegati principalmente su ciottoli o frammenti di roccia.

I rulli lisci, i vibratori e i pesi cadenti sono da tempo assai diffusi anche da noi, per cui si omette di parlarne.

I rulli a piedi di montone (fig. 13) sono costituiti da grossi cassoni cilindrici, zavorrabili con acqua o sabbia in guisa da poterne aumentare il peso, e muniti esternamente di una folta selva di piedi radiali lunghi $18 \div 23$

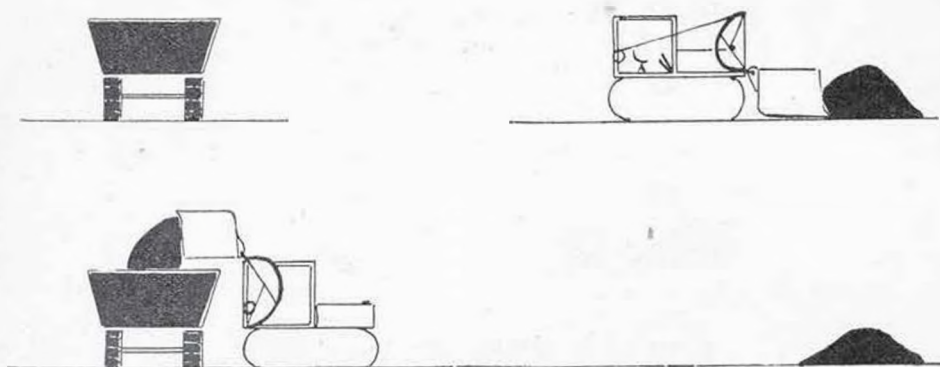


Fig. 14.

Pala meccanica addetta al carico di un vagone rimorchio.

cm; detti piedi hanno forma cilindrica e terminano con una espansione, si da garantire una buona azione costipante nell'interno del terreno.

I rulli pneumatici (fig. 13) sono dei grossi carrelli zavorrabili, muniti di 2 assali ognuno dei quali porta un elevato numero di pneumatici; questi, col loro passaggio, costipano, lisciano ed egualizzano la superficie del terreno lasciata « sfioracchiata » dai rulli a piedi.

Sia i rulli a piedi di montone che quelli pneumatici agiscono sempre a rimorchio di un trattore.

I rulli a cingoli sono, nella forma d'impiego più diffusa, costituiti dagli stessi trattori.

Macchine per caricare la terra sciolta sui mezzi di trasporto.

Anche l'operazione di caricamento della terra smossa sui mezzi destinati a portarla a rifiuto o a compenso, una volta effettuata dall'uomo col badile, tende oggi a venire meccanizzata mediante le pale meccaniche.

Tali macchine sono costituite da una cucchiaina manovrata da un trattore a cingoli e capace di prender la terra sciolta e rovesciarla dentro i cassoni destinati al trasporto. Schematicamente, il lavoro della pala passa per le seguenti fasi (fig. 14):

— la cucchiaina è abbassata davanti al trattore; questo, avanzando, la spinge nel mucchio di terra da caricare e la obbliga a riempirsi;

— il trattore fa marcia indietro, portandosi vicino al mezzo da riempire; ivi giunto, manovra la cucchiaina, in guisa da rovesciarla e farla scaricare nel cassone di detto mezzo.

Il movimento della pala relativo al trattore viene ottenuto mediante coppie cinematiche costituite da cremagliere e profilo a spirale dentato (sistema Gardner-Denver) ovvero da rotaia e profilo a spirale liscio e comandato da una catena (sistema Eimco).

La capacità della cucchiaina varia, a seconda dei tipi, tra $0,17 \div 1,00 \text{ m}^3$.

Altre macchine che servono per il sollevamento e il caricamento della terra sono gli escavatori attrezzati con benna, i quali però possono essere adibiti anche ad altri impieghi (scavo di terra, battipalo, grù, ecc.). Sono essenzialmente costituiti da un *chassis* (a cingoli per i tipi pesanti, a pneumatici per quelli più leggeri) portante una piattaforma girevole munita di braccio suscettibile di assumere inclinazioni diverse rispetto all'orizzontale. Il braccio può venire dotato di vari congegni, in guisa da adempiere all'uno o all'altro dei compiti sopra accennati, e precisamente:

— benna a presa e gancio e verricello, per i lavori di sollevamento di materiali sciolti o di blocchi;

— benna dritta, benna rovesciata e *dragline* (detta anche raschiatore o benna trascinata) per i lavori di scavo;

— battipalo.

In media si può ritenere che un escavatore fornito di benna (dritta o rovesciata) scavi circa $100 \text{ m}^3/\text{h}$ per ogni m^3 di capacità della benna; se invece è fornito di *dragline* si può ritenere che il suo lavoro sia pari a $70 \text{ m}^3/\text{h}$ per m^3 di capacità della *dragline*. Il tempo t (minuti) necessario ad un escavatore fornito di benna di capacità B (m^3) per caricare un vagone rimorchio di capacità W (m^3) è fornito dalla seguente formula:

$$t = \frac{0,65 \cdot W}{B}$$

Altre macchine, talvolta impiegate come pale meccaniche, sono i sollevatori idraulici. Sono questi dei piccoli trattori di $30 \div 40 \text{ HP}$, portanti anteriormente due guide verticali, sulle quali può scorrere una cucchiaina, comandata idraulicamente; un particolare dispositivo permette poi di rovesciare la cucchiaina, sì da realizzare la fase di scarico. Il compito specifico di tali macchine è quello di sollevare la terra smossa; possono però anche es-

sere impiegati per lavori di scavo di modesta entità e per trasporti su brevi distanze. La loro capacità di lavoro si aggira sugli $11 \div 26 \text{ m}^3/\text{h}$ per i lavori che prevedono scavo, e sui $23 \div 45 \text{ m}^3/\text{h}$ per i lavori di semplice rimozione di terra già smossa.

QUALI MACCHINE SCEGLIERE PER UN DATO CANTIERE DI LAVORO.

La scelta, in quantità e qualità, delle macchine da adottarsi per un dato cantiere di lavoro, è una questione puramente economica. Per risolvere il problema la via più opportuna da seguire è la seguente:

1) scegliere sulla scorta della pratica, le « unità di lavoro » (13) che appaiono, a prima vista, più idonee per le esigenze del cantiere;

2) verificare col calcolo quale tra le varie unità di lavoro sia la più rispondente.

Per quanto concerne il punto 1), come si è detto, altro non resta che far ricorso alla pratica che si acquista solamente sui cantieri. Tuttavia, a titolo orientativo, si citano le composizioni di alcune unità di lavoro che hanno sortito risultati soddisfacenti:

— Lavori preparatori per eseguire una diga di terra:

- 2 pale da 3 m^3
- 2 pale da $1,5 \text{ m}^3$
- 12 vagoni da 12 m^3 con trattori a pneumatici
- 12 vagoni da 8 m^3

Distanza di trasporto superiore ai 600 m

Terreno in parte roccioso, smosso con esplosivo, in parte costituito di terra sciolta

Rendimento giornaliero: 4200 m^3 di detriti rocciosi e 2700 m^3 di riporto di terra;

— Costruzione di autostrada a Los Angeles:

- 2 tournapulls di 17 m^3
- 2 tournapulls di 9 m^3
- 2 dragline di 2 m^3
- 7 vagoni di 2 m^3
- 4 rulli a piedi

Distanza di trasporto di circa 500 m

Rendimento giornaliero di 4000 m^3 ;

— Costruzione di una strada nel Kansas:

- 2 scrapers di 9 m^3 con trattori a cingoli
- 5 scrapers di 5 m^3 con trattori a pneumatici

(13) Unità di lavoro = gruppo di macchine lavoranti in collegamento fra di loro.

- 1 pala da 1,5 m³
- 5 vagoni di 6 m³
- 3 bulldozers
- 2 autopattrolls
- 2 rulli a piedi

Distanza di trasporto 500 m³

Rendimento giornaliero 2700 m³;

- Costruzione di una strada nell'Iowa:
 - 4 tournapulls di 11 m³
 - 2 scrapers di 6 m³ con trattori a cingoli
 - 1 trattore pusher
 - 1 autopattroll
 - 1 rullo a piedi

Distanza di trasporto 500 m³

Rendimento giornaliero 2700 m³.

Per quanto ha attinenza al punto 2) si noti che, prima di iniziare i calcoli tendenti a risolvere il problema propostoci, è bene raccogliere alcuni dati relativi:

- all'organizzazione del cantiere;
- alla natura del cantiere;
- allo stato d'uso delle macchine che si prevede di impiegare.

L'organizzazione del cantiere, per quanto buona ed accurata, non è mai perfetta; di tale influsso negativo sull'andamento del lavoro se ne può tener conto moltiplicando le prestazioni di cui le singole macchine sono capaci per un « coefficiente di rendimento del cantiere » η_c . A seconda che si preveda una condotta del cantiere ottima, media o cattiva, si può assumere rispettivamente, nel caso di macchine a cingoli, $\eta_c = 0,90 - 0,85 - 0,75$, e nel caso di macchine a pneumatici $\eta_c = 0,85 - 0,75 - 0,65$.

Altro coefficiente riduttore è il coefficiente di rendimento orario η_h , il quale tiene conto del fatto che ogni macchina, indipendentemente dall'organizzazione del cantiere, deve ogni tanto subire qualche arresto per piccole riparazioni o rifornimenti, per cui l'ora di lavoro può considerarsi di 50' anziché di 60'; risulta quindi:

$$\eta_h = \frac{50}{60} = 0,83$$

La natura del cantiere influisce con:

- le pendenze;
- lo stato della pista;
- la natura dei materiali da scavare e trasportare;
- la lunghezza del cantiere;
- le condizioni atmosferiche.

Le pendenze influiscono, come è noto, dando luogo ad una resistenza di tanti kg/tonn quant'è il valore della pendenza per mille.

Lo stato della pista influisce attraverso la resistenza al rotolamento ed il coefficiente di aderenza, dei quali si è già detto avanti.

La natura dei materiali da scavare e da trasportare gioca invece sul numero n dei viaggi che si rendono necessari per scavarne e trasportarne una data quantità X . Detto Ca il rapporto tra il volume della terra scavata e quello della terra in sito, e c il volume di terra sciolta trasportabile in un viaggio, si ha:

$$n = \frac{Ca X}{c}$$

Mediante si può ritenere che Ca assuma i seguenti valori:

terre sabbiose	$Ca = 1,07 \div 1,20$
» limose	$1,18 \div 1,35$
» argillose	$1,30 \div 1,62$
rocce	$1,50 \div 1,98$

La lunghezza del percorso influisce sulla durata del ciclo, il quale si può determinare in funzione dei seguenti elementi:

- tempi necessari per il carico e lo scarico;
- perditempi per le curve e le accelerazioni;
- velocità ammissibili sul percorso a pieno carico e a vuoto.

Le condizioni atmosferiche intervengono principalmente con la temperatura e la pressione, le quali contribuiscono a variare il coefficiente di rendimento del materiale.

Lo stato d'uso dei materiali influisce diminuendo la potenza dei trattori; salvo il caso di materiale nuovo, conviene contare su di una potenza disponibile pari a $0,85 \div 0,9$ di quella indicata dalle Ditte.

Noti quindi i punti sopra cennati e note le caratteristiche delle macchine che si vogliono impiegare, si hanno così tutti gli elementi per eseguire i calcoli, i quali vanno condotti secondo i ben noti schemi indicati sui vari testi di costruzioni stradali.

Senza mantenerci oltre sulla linea teorica, si esaminerà di seguito un esempio pratico; per semplicità, ci si limiterà allo studio di una sola macchina.

Sia da studiare il funzionamento di uno scraper a scarico anteriore rimorchiato da un trattore a cingoli. I dati noti sono:

- capacità nominale dello scraper 11 m^3
- terreno sabbioso di peso specifico 1700 kg/m^3
- profilo longitudinale del percorso come da figura 15.

Le varie formule usate sono quelle che si sono venute a mano a mano elencando nel corso dei paragrafi precedenti.

Potenza al grancio da richiedersi al trattore: $11 \cdot 12 = 132$ HP

Peso proprio del trattore: $100 \cdot 132 = 13200$ kg = 13,2 tonn

Fattore di correzione della potenza del trattore causa il suo stato meccanico = 0,9

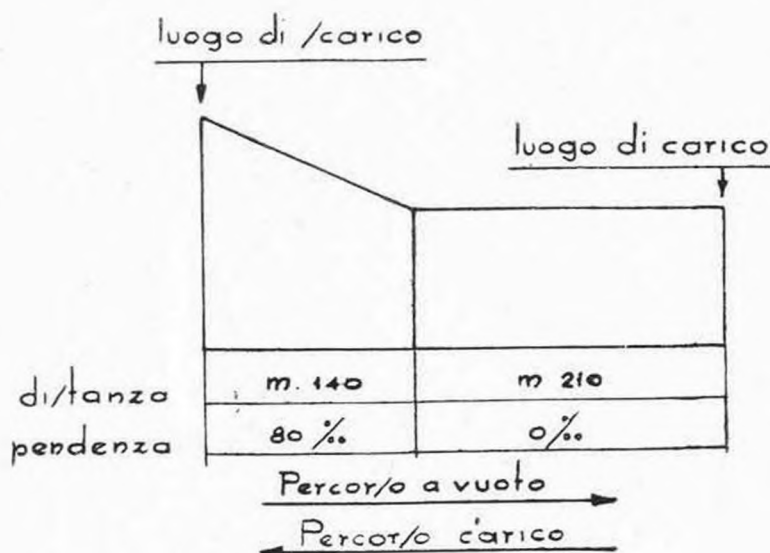


Fig. 15.

Potenza effettiva al grancio del trattore $132 \cdot 0,9 = 119,8$ HP

Massima velocità del trattore: 11 km/h = 184 m/1'

Sforzo di trazione del trattore alla massima velocità:

$$T = \frac{4500 \cdot 119,8}{184} = 2920 \text{ kg}$$

Peso proprio dello scraper: $11 \cdot 1 = 11$ tonn

Capacità effettiva dello scraper: $11 \cdot \frac{2}{3} = 7,3$ m³

Peso della terra trasportata dallo scraper: $7,3 \cdot 1,7 = 12,4$ tonn

Peso del gruppo a vuoto: $13,2 + 11 = 24,2$ tonn

Peso del gruppo carico: $13,2 + 11 + 12,4 = 36,6$ tonn

Resistenza al rotolamento dei cingoli: 90 kg/tonn

Resistenza al rotolamento dei pneumatici: 70 kg/tonn

Resistenza al rotolamento del gruppo vuoto: $13,2 \cdot 90 + 11,70 = 1958$ kg

Resistenza al rotolamento del gruppo pieno: $13,2 \cdot 90 + 23,4 \cdot 70 = 2823$ kg

Resistenza addizionale per pendenza dell'80‰, per il gruppo carico:

$$36,6 \cdot 80 = 2928 \text{ kg}$$

Resistenza totale alla trazione in salita, per gruppo carico: $2823 + 2928 = 5751$ kg.

Poichè lo sforzo che il trattore può fornire alla massima velocità (11 km/h) è, come si è visto, di 2920 kg, e poichè lo sforzo richiesto per la trazione in piano e a pieno carico è di 2823 kg (minore quindi di 2920 kg), ne segue che il gruppo a pieno carico ed in orizzontale può marciare a 11 km/h; a maggior ragione potrà tenere tale velocità quando è scarico.

Per il percorso a pieno carico ed in salita si dovrà invece tenere una velocità minore, e precisamente:

$$v = \frac{4500 \cdot 119,8}{5751} = 93,3 \text{ m/1'} = 5,6 \text{ km/h (corrispondente alla 4ª velocità)}.$$

Il tempo per eseguire il ciclo di operazioni è quindi il seguente:

Livellotta nr.	Lunghezza della livellotta	Pendenza della livellotta	Carico	Velocità massima	Tempo impiegato
1	140 m	$-80^{\circ}/_{00}$	vuoto	184 m/1'	45" 6
2	210	$0^{\circ}/_{00}$	vuoto	184	68" 2
3	210	$0^{\circ}/_{00}$	carico	184	68" 2
4	140	$+80^{\circ}/_{00}$	carico	93	90"

Tempo totale impiegato per le operazioni sopra tabellate 272"

Perditempi fissi per curve, carico e scarico 120"

Tempo totale per eseguire il ciclo 392"
pari a 6' 32".

Per essere poi più aderenti alla pratica, converrebbe inoltre aumentare tale tempo in base ai valori che si prevede opportuno adottare per η_c ed η_h .

Le trasmissioni "facsimile,, in campo militare

Cap. del genio GINO PAROLIN

L'affermazione del facsimile tra i mezzi di collegamento militari è un fatto della recente guerra mondiale. La denominazione stessa di facsimile è intervenuta di recente, in sostituzione delle più antiche di « telefoto », « radiofoto », « teleideografico », « belinografo », ecc..

Tuttavia i sistemi facsimile hanno origini lontane ormai, più remote della stessa telegrafia Morse. Fu, infatti, nel 1842 che il fisico inglese Bain impiegò un circuito a filo per la trasmissione di immagini fisse.

Nel 1875 l'italiano abate Castelli realizzò un rudimentale apparecchio per la trasmissione di disegni. Altri tentativi si succedettero migliorando i sistemi, fino a che le applicazioni della cellula fotoelettrica e della modulazione della luce condussero ai vari prototipi moderni, Bacwell, Belin, Karolus-Kerr, Korn-Lorenz.

Intorno al 1920 la tecnica raggiunta consentiva già la trasmissione di immagini a sfumature, e si erano iniziate anche le prime trasmissioni sperimentali via radio. Verso il 1935 il facsimile era pervenuto ad affermazioni definitive nel campo giornalistico, divenendo, sotto il nome di telefoto, un servizio su base internazionale.

L'interesse militare al facsimile nella fase iniziale di sviluppo non fu molto marcato; probabilmente più o meno esplicitamente veniva stimato un mezzo eccessivamente oneroso per le prestazioni, sospette di superfluità, che esso poteva fornire. Soltanto poco prima della 2^a guerra mondiale le necessità militari del servizio meteorologico provocarono un interessamento specifico al facsimile. Si trattava, infatti, di trovare il mezzo adatto per diramare agevolmente e rapidamente cartine meteorologiche ed altri dati che difficilmente si prestano alla forma di un messaggio comune, a tutti gli interessati, compresi aerei in volo e navi in navigazione.

Apparve presto che il facsimile poteva soddisfare perfettamente a questa esigenza, ed in più a diverse altre: trasmissione di fotografie inerenti a ricognizioni, di cartografie e disegni, di testi cifrati garantiti da ogni errore di trasmissione, ecc., ecc..

La sua flessibilità nelle prestazioni si spingeva al punto di accennare ad un principio di competizione con le telescriventi, nella trasmissione di

messaggi normali. Tutto ciò servì a delineare chiaramente la funzione del nuovo mezzo di collegamento, integratore di quelli già esistenti per la trasmissione elettrica, fino allora impossibile, di tutto quel materiale d'informazione ideografica non elaborabile in forma di comune messaggio.

L'attività dei tecnici militari da quel momento venne indirizzata alla realizzazione di apparati facsimile rispondenti alle condizioni particolarmente rigorose del servizio militare.

IL FACSIMILE DURANTE LA GUERRA.

Tra i vari belligeranti, furono gli Stati Uniti che impressero il maggior sviluppo tecnico e la maggiore diffusione agli apparati facsimile. Ciò è spiegabile come riflesso del particolare aspetto « oltremare » che assunse per essi la guerra, con conseguente sviluppo poderoso di tutti i sistemi di comunicazioni elettriche, e della particolare sensibilità di quella nazione a quanto riguarda le informazioni pubbliche, strumento di guerra psicologica.

Durante la guerra le forze armate americane impiegarono oltre un migliaio di apparati facsimile, con i quali venne stabilita una rete mondiale di comunicazioni facsimile, integrata da reti locali in Europa, Africa, Asia e Pacifico. Si trattava di apparati « a foglio », di cui parleremo più diffusamente in seguito, e che in campo strettamente operativo si rendevano preziosi nella diramazione delle foto prese dai ricognitori, con eventuali delucidazioni sovrimpresse, ai vari comandi interessati, aeronautici e terrestri; in più svolgevano il consueto servizio meteorologico, quello giornalistico-fotografico, e talora anche compiti ricreativi con la trasmissione di qualche giornaleto comico-propagandistico.

Un tipo particolare di apparato facsimile « a zona » ottenne una diffusione molto più vasta invadendo il campo generalmente riservato alla telegrafia: installato su carri armati, automezzi o posto a terra, venne usato per la trasmissione di messaggi manoscritti su zona, via circuiti a filo o radio.

PRINCIPI GENERALI

In tutti i sistemi facsimile la figura fissa da trasmettere viene considerata suddivisa in punti. I punti vengono sistematicamente esplorati con metodo adatto, in modo da ottenere la contemporanea generazione di una corrente elettrica di intensità proporzionale alla luminosità dei punti stessi. Alla successiva esplorazione dei vari punti corrispondono successivi valori diversi nella intensità della corrente elettrica, che costituisce la « modulazione facsimile ».

Tale modulazione, convogliata opportunamente su circuito a filo o radio, viene ritradotta nell'apparato ricevente in impressioni grafiche della stessa.

intensità e disposte nella stessa successione dei punti esplorati nella figura trasmessa. In tal modo la figura risulta ricostruita.

Gli apparati devono comprendere un sistema di sincronismo che coordini il lavoro dell'apparato trasmittente con quello dell'apparato ricevente; per mezzo di esso si ottiene che il punto impresso sulla carta dal ricevente risulti nella stessa posizione del punto corrispondente nella figura trasmessa.

Il metodo di generazione della corrente di modulazione facsimile consiste generalmente nella esplorazione della figura da trasmettere con un sottile raggio luminoso; il raggio riflesso, di intensità corrispondente alla luminosità del punto esplorato, colpisce una cellula fotoelettrica, generatrice della corrente modulata.

In ricezione i metodi impiegati sono vari; i più diffusi sono quelli *fotografico*, con *carte elettrosensibili* e con *stilo scrivente*.

Nel metodo *fotografico* la corrente di modulazione accende una lampadina elettrica, la cui luminosità varia a seconda della intensità della corrente stessa. Un raggio proveniente dalla lampadina colpisce ed impressiona in un punto un foglio di carta sensibile, opportunamente disposto su un tamburo ruotante. Ai vari punti esplorati nella figura in trasmissione corrispondono diverse intensità nel raggio luminoso fornito dalla lampadina del ricevitore e diverse posizioni dei punti da esso colpiti sul foglio di carta sensibile. La ricezione deve avvenire in camera oscura, ed alla fine si deve addivenire allo sviluppo fotografico del foglio impressionato.

Una variante di questo sistema si ha quando la corrente modulata facsimile al ricevitore viene impressa su di un oscillografo a specchio. I diversi valori della corrente provocano angoli di rotazione diversi nello specchietto, che devia più o meno un raggio di luce da esso riflesso, modulando in definitiva l'intensità della parte di esso utilizzata per impressionare la carta sensibile.

I sistemi fotografici consentono i migliori risultati nella qualità; caso unico nei mezzi di trasmissione, può accadere che il materiale ricevuto risulti migliore dell'originale trasmesso, grazie alla possibilità molto ampia di regolare il « contrasto » con metodo elettrico, anzichè chimico.

Per di più si può ricevere a volontà un'immagine positiva o negativa della figura trasmessa.

Il metodo con *carte elettrosensibili* consiste nell'applicare direttamente sulla carta, punto per punto, la corrente di modulazione facsimile, mediante uno stilo od altra specie di contatto puntiforme. La carta usata ha la proprietà di tradurre il valore della corrente in un corrispondente grado di annerimento del punto sulla carta.

Presenta il vantaggio della semplicità, rispetto al metodo fotografico, non richiedendo camera oscura nè procedimenti di sviluppo. Non elimina, tut-

tavia, la servitù all'approvvigionamento di carte speciali, spesso di conservabilità critica, e presenta una netta inferiorità in risultati artistici.

Una carta elettrosensibile molto impiegata è la Teledeltos, a secco, incorporante un pigmento grigio-chiaro di grafite che annerisce in grado variabile al passaggio di corrente.

Il metodo a *stilo scrivente*, il più antico, consiste nell'impiego di una penna scrivente poggiata su foglio di carta comune e sulla quale esercita una pressione variabile determinata dall'azione di un elettromagnete percorso dalla corrente di modulazione facsimile. Ai diversi gradi di pressione, cioè ai diversi valori della corrente facsimile, corrispondono diverse intensità nei punti che vengono impressi sulla carta.

E' il sistema più semplice, non dipendente da approvvigionamenti critici, ma con risultati artistici confrontabili solo con quelli delle carte elettrosensibili. Presenta però il vantaggio importante di consentire la ricezione contemporanea di più copie, mediante l'interposizione di un foglio di carta carbone.

Il sincronismo che deve assicurare la mutua corrispondenza tra i punti esplorati nella figura da trasmettere e quelli impressi sul foglio del ricevitore, viene generalmente ottenuto sincronizzando la rotazione di due tamburi, al trasmettitore ed al ricevitore, sui quali viene distesa rispettivamente la figura ed il foglio bianco.

Al trasmettitore, mentre il tamburo ruota con velocità angolare costante, la testina esploratrice si sposta a velocità uniforme, coordinata con quella di rotazione del tamburo, lungo una generatrice. In tal modo la successione dei punti esplorati sulla superficie cilindrica ove è distesa la figura è disposta secondo un'elica. Il passo dell'elica viene denominato « avanzamento per linea »; il numero di linee per mm. di avanzamento, il diametro del cilindro e la sua velocità di rotazione sono elementi caratteristici del particolare sistema facsimile.

Il ricevitore deve presentare caratteristiche uguali, od almeno uguale « indice di cooperazione »: con tale dizione si intende il prodotto tra il diametro del tamburo ed il numero di linee per mm.. Il sistema di sincronismo adottato negli apparati deve poter garantire uguali velocità e fase nella rotazione dei due tamburi trasmittente e ricevente.

Per l'ottenimento del sincronismo si impiega generalmente un diapason locale tarato, oppure un apposito segnale generato dal trasmettitore.

Velocità di trasmissione, definizione e banda occupata.

Consideriamo un apparato facsimile con diametro del tamburo di 88 mm., velocità di rotazione di un giro al secondo e definizione di 4 linee per mm..

Una « linea » risulterà della larghezza di 0,25 mm., ed un « punto », con

definizione dello stesso grado in larghezza ed altezza, avrà la forma di un quadratino con 0,25 mm. di lato.

La circonferenza del tamburo risulta di 275 mm. e comprenderà perciò 1100 punti, corrispondenti ad elementi di segnale da trasmettere al secondo. Ciò equivale a dire che la frequenza massima della modulazione facsimile risulterà di 1100 Hz; la frequenza minima ovviamente è zero.

I circuiti a filo ed i canali radio destinati alla fonia consentono il passaggio della banda di frequenza da 300 a 3000 Hz.. In un tale circuito o canale la corrente di modulazione facsimile, se introdottavi direttamente, subirebbe gravi mutilazioni nelle frequenze più basse. E' così emersa praticamente la convenienza di utilizzare una frequenza subportante, per esempio di 1500 Hz, ed imprimere su di essa la modulazione d'ampiezza facsimile.

Con tale artificio, la modulazione facsimile viene trasferita in due bande laterali, disposte superiormente ed inferiormente alla subportante di 1500 Hz, e larghe ognuna 1100 Hz. Ne risulta l'occupazione della banda che va dai 400 ai 2600 Hz, perfettamente compatibile con le caratteristiche dei circuiti e canali telefonici.

Da questo esempio prende evidenza l'interdipendenza fra i tre seguenti fattori delle trasmissioni facsimile: velocità di trasmissione, grado di definizione, larghezza della banda passante necessaria.

Infatti, un aumento della velocità di trasmissione, mantenendo inalterata la definizione, cioè il numero dei punti per unità di superficie (quindi di linee per mm.), corrisponderebbe ad un aumento del numero dei punti esplorati in un secondo, cioè ad un aumento della frequenza massima della corrente di modulazione facsimile. Ciò si traduce nella esigenza di una banda passante più larga nel circuito o canale di trasmissione.

Ammettendo il vincolo, ad esempio, che la banda passante debba essere contenuta entro i 2700 Hz consentiti dai canali telefonici, un aumento nella velocità di trasmissione può essere conseguito solo a scapito del grado di definizione, e viceversa.

Il grado di definizione soddisfacente non è dato fisso, bensì dipendente dal tipo di figura da trasmettere e dalla sua ricchezza di dettagli; la velocità di trasmissione sarà sempre desiderabile che sia la più elevata possibile, compatibilmente con gli altri requisiti. Ne consegue che negli apparati facsimile più completi viene data possibilità all'operatore di poter scegliere tra più velocità di trasmissione e conseguentemente tra più gradi di definizione, secondo le convenienze.

Standard del C.C.I.T.

Il Comitato Consultivo Internazionale Telegrafico (C.C.I.T.) si è occupato del problema di rendere possibile l'intercomunicazione tra apparecchi facsimile di fabbricazione o tipo diverso. Tale risultato è possibile soltanto con

l'unificazione delle caratteristiche fondamentali di funzionamento degli apparati facsimile.

Le caratteristiche fondamentali che sono state raccomandate dal C.C.I.T. a tale scopo sono le seguenti:

Diametro del tamburo	66 od 88 mm.
Larghezza del tamburo	132 o 176 mm.
Linee d'avanzamento	5,33 oppure 4 per mm.
Massimo formato della figura	13 × 18 oppure 17,3 × 24 cm.
Velocità di rotazione del tamburo	60 giri al 1'
Indice di cooperazione	352
Stabilità nella velocità di rotazione	± 0,08 gradi
Frequenza di sincronizzazione	1020 Hz
Frequenza portante del segnale	1300 Hz

A tutt'oggi, però, raramente tutte queste raccomandazioni sono contemporaneamente osservate dalle varie case costruttrici. Di conseguenza la possibilità di intercomunicazione tra apparati facsimile di tipo differente deve essere accertata caso per caso: essi devono presentare almeno uguale « indice di cooperazione » ed essere sincronizzabili tra di loro.

Apparati facsimile militari S.U.A.

Le forze armate americane svilupparono durante la guerra appositi apparati facsimile per l'esclusivo uso militare, derivandoli dai tipi in uso civile.

Dato il brillante collaudo sopportato in guerra da tali apparati, è di particolare interesse il loro esame. Si tratta di due facsimile a foglio, il tipo AN-TXC-1 ed il tipo RC-120, e di un tipo a zona, l'RC-58.

Il facsimile RC-120 è montato sotto forma di « trascevitore »; è cioè un unico complesso, con un solo tamburo, idoneo sia alla trasmissione che alla ricezione purchè non simultanee. Consente la riproduzione sia fotografica che carta elettrosensibile Teledeltos.

La definizione è di 4 linee per mm..

Il formato massimo consentito per la figura da trasmettere è di cm. 17,5 × 20; una copia di tale formato impiega 7' per essere trasmessa completamente.

La frequenza subportante utilizzata è di 1800 Hz; delle due bande laterali di modulazione soltanto una viene utilizzata, la superiore o l'inferiore a scelta. Di conseguenza richiede nel canale di trasmissione una banda passante da 1200 a 1800, oppure da 1800 a 2400 Hz. La sincronizzazione è ottenuta indipendentemente presso gli apparati in collegamento mediante diapason locali tarati.

Il peso del solo apparato trascevitore è di Kg. 30. In più richiede, però, apposito alimentatore che utilizza corrente alternata 100-130 V. Può funzionare anche con batterie di accumulatori a 6 V; normalmente, per l'impiego campale viene dotato anche di una batteria di questo tipo e di un gruppo elettrogeno per la sua ricarica.

La stazione facsimile completa comprende anche un cofano per materiale fotografico ed una tenda per camera oscura; in totale risulta del peso di 215 Kg..

Questo tipo di facsimile dopo la guerra è stato previsto di sostituirlo con un altro modello, denominato AN/GXC-3, nel quale sarebbero stati introdotti i seguenti miglioramenti:

- formato massimo della figura aumentato a cm 20×26 ;
- possibilità di funzionamento con tre gradi di definizione, a scelta dell'operatore (4,8 e 12 linee per mm), anziché con unica definizione di 4 linee per mm;
- funzionamento con utilizzazione della sola banda superiore di modulazione (da 1800 a 2400 Hz), abolendo la possibilità di scelta tra banda superiore e banda inferiore.

L'altro facsimile a foglio collaudato dalla guerra, l'AN/TXC-1, differisce dal tipo RC-120 solo per il formato massimo consentito della figura, che è di 30×45 cm, e per la banda passante, che va da 900 a 2700 cicli. Costituisce nel complesso una stazione più pesante e meno campale dell'RC-120.

Il facsimile a zona RC-58 differisce radicalmente dai precedenti, oltre che negli aspetti costruttivi, anche nel genere di prestazioni a cui è destinato. Esso è stato concepito per la trasmissione di soli messaggi manoscritti su zona; benché per ottenere tale risultato in esso si faccia ricorso alla tecnica tipica del facsimile, potrebbe benissimo essere classificato tra le macchine telescriventi.

La parte trasmittente manca del consueto tamburo rotante; in suo luogo vi è una zona ove vengono scritti, a mano o con altro mezzo, i messaggi, e che viene fatta scorrere sotto ad una testina esplorante munita di cellula fotoelettrica.

Dato che le figure da trasmettere (scrittura) non hanno sfumature, per la trasmissione si utilizzano solo due frequenze, anziché una banda di frequenze di larghezza determinata; una frequenza, 1650 Hz, corrisponde al nero, l'altra, 1150 Hz, al bianco.

La parte ricevente sostanzialmente è uguale a quella della telescrivente Siemens-Hell, ben nota in Italia. La scrittura ricompare sulla zona su due righe parallele, che si dispongono obliquamente all'asse della zona stessa quando il sincronismo non è perfetto. La regolazione del sincronismo viene effettuata al ricevitore osservando, appunto, l'andamento della scrittura.

La stazione completa comprende un apparato ricetrasmittitore, un amplificatore, eventualmente un raddrizzatore e pochi altri accessori. Per l'alimentazione richiede 12 V continui, che trae generalmente dalla batteria dello stesso automezzo ove viene installata.

La stazione completa, esclusi il raddrizzatore e la batteria, pesa circa Kg. 50.

Questo tipo di facsimile rispondeva allo scopo di fornire un collegamento utilizzante qualunque mezzo radio o circuito a filo campale, in ambienti di rumorosità tale da impedire la conversazione in fonìa.

Il rapporto segnale-disturbo richiesto nel collegamento radio per il funzionamento di questo facsimile è una via di mezzo tra quello occorrente per il funzionamento di una normale telescrivente e quello sufficiente per la manipolazione Morse; consente, quindi, un campo d'impiego sensibilmente più vasto di quello della telescrivente normale, con velocità di trasmissione alquanto inferiore, ma senza richiedere personale particolarmente addestrato.

Provvedimenti particolari per la via radio.

I tre tipi di facsimile esaminati presentano oltre che la robustezza e semplicità di funzionamento necessario per gli impieghi militari, il requisito di non essere vincolati a particolari esigenze di via di comunicazione. Qualunque circuito a filo o radio idoneo alla trasmissione in fonìa è sufficiente per il funzionamento anche del facsimile. A tale requisito fondamentale è stata sacrificata ogni altra ambizione.

Sotto questo aspetto la flessibilità d'impiego raggiunta è da ritenersi la massima ottenibile, e ben poco vi sarà da migliorare ancora in futuro.

Per i due facsimile a foglio, RC-120 ed AN/TXC-1 è stato escogitato anche qualche provvedimento speciale per sottrarne la trasmissione via radio dall'incidenza inevitabile dei disturbi ed affievolimenti.

Tali provvedimenti si sono concretati nell'adozione, quando se ne ravvisa la necessità, del convertitore CV-2/TX. Esso consente di convertire la modulazione d'ampiezza del facsimile in una modulazione di frequenza.

All'ampiezza minima del segnale del facsimile si fa corrispondere una frequenza massima di 3000 Hz, ed all'ampiezza massima una frequenza di 1800 Hz; naturalmente ai valori di ampiezza intermedi corrispondono valori di frequenza intermedi.

In tal maniera, all'uscita del convertitore il segnale facsimile è rappresentato da una frequenza variabile con continuità tra i valori di 3000 e 1800 Hz; la banda totale che risulta effettivamente occupata va dai 1200 a 3600 Hz.

Il convertitore provvede anche all'operazione inversa, in ricezione. Questo provvedimento, utilizzante la ben nota minore vulnerabilità ai disturbi della modulazione in frequenza, consente un ottimo servizio anche su collegamenti radio a modulazione d'ampiezza non del tutto soddisfacenti per la fonìa stessa.

Infine, con l'adozione dell'eccitatore 0.5/FR, lo stesso usato per il funzionamento delle telescriventi a spostamento di frequenza, è possibile utilizzare per le trasmissioni facsimile anche i collegamenti radiotelegrafici ad onde persistenti, in cui non esiste mezzo di utilizzare la modulazione normale.

Confronti con altri mezzi di trasmissione.

I facsimile a foglio hanno la funzione specifica della trasmissione di figure fisse: in tale campo d'impiego non sopportano confronto con altri mezzi di comunicazione elettrica.

Tuttavia, quando vengono impiegati per trasmettere testi come tali (e non come copia autentica) il confronto con gli altri mezzi di trasmissione inevitabilmente si propone.

Il numero di caratteri che può essere trasmesso nell'unità di tempo col facsimile varia, naturalmente, con la dimensione caratteri stessi. Se si tratta di testo dattiloscritto, anche il più minuscolo carattere in uso nelle macchine da scrivere, il « pica », è trasmissibile con chiarezza. La quantità di caratteri trasmissibili deve tener conto della necessità di margini, spaziature, e di perdite per adattare il testo al formato fisso del facsimile. In più, occorre tener conto del tempo perduto per predisporre la trasmissione e per cambiare i fogli ai due terminali.

Applicando un coefficiente di riduzione del 40 % alle velocità teoriche per codesti motivi, la regolamentazione americana perviene alla seguente tabella di raffronto tra i vari mezzi e metodi di trasmissione:

	Parole al minuto
Facsimile a foglio, scrittura dattiloscritta in caratteri « pica », a semplice spazio, compresa marginatura, una parola per cmq	50
Facsimile a zona, trasmissione ininterrotta	40
Facsimile a zona, trasmissione manoscritta, compreso tempo necessario per scrivere la zona	15
Telescrivente in funzionamento manuale	30
Telescrivente in funzionamento automatico	60

N.B. - La parola media viene considerata composta di 5 caratteri significanti.

Altri elementi da considerare in un confronto sono i seguenti:

— per il suo buon funzionamento il facsimile richiede praticamente la disponibilità di tutta la banda telefonica, e sottrae quindi il circuito usato al servizio telefonico. Nel caso della telegrafia in telescrivente, sulla stessa banda possono essere ricavati più comunicazioni telegrafiche, oppure può essere consentito il funzionamento contemporaneo della telefonia;

— la maggior larghezza del canale facsimile lo rende maggiormente esposto ai rumori di fondo (da 5 a 10 db in più della telescrivente, nelle medesime condizioni di circuito);

— un carattere ricevuto col facsimile risulta composto di gran numero di segnali (« punti »), molto superiore al numero di segnali che provoca la formazione di un carattere nella telescrivente.

La registrazione errata o mancata di una parte dei segnali nel facsimile difficilmente può rendere il carattere inintelligibile, mentre nella telescrivente causa la stampa di una lettera sbagliata;

— col facsimile, nel caso di forti affievolimenti la trasmissione può essere ripetuta una seconda volta disponendo il testo da trasmettere in posizione ortogonale per l'esplorazione, rispetto alla prima trasmissione. Il confronto e l'integrazione delle due copie ricevute consentono la ricostruzione corretta del testo. Una possibilità corrispondente non esiste nella telescrivente.

Il risultato complessivo di tutte queste considerazioni conduce ad affermare che in un collegamento di qualità scadente la trasmissione facsimile può manifestare sensibili vantaggi rispetto a quella con telescrivente normale. Rimangono ancora, però, queste altre considerazioni:

— quando il messaggio deve essere ritrasmesso, la telescrivente consente che ciò avvenga senza perdita di intellegibilità e senza bisogno di trascriverlo, impiegando la zona perforata. Per il messaggio facsimile sarà generalmente necessario effettuarne la trascrizione;

— se la comunicazione è del tipo a domanda e risposta, la telescrivente ne è avvantaggiata rispetto al facsimile, perchè consente la lettura sulla zona nel corso della ricezione stessa;

— in ambienti operativi ove il collegamento base è la radio, il facsimile presenta il vantaggio di poter essere adoperato senza difficoltà dall'operatore radio, data l'affinità delle manovre; la telescrivente richiede un operatore apposito specializzato;

— la manutenzione degli apparati facsimile è meno critica degli apparati telescriventi e può essere affidata allo stesso personale radioriparatore. Per la telescrivente occorre apposito personale;

— benchè la segretezza della comunicazione facsimile non sia grandissima, essa è sensibilmente superiore a quella ottenuta con gli altri sistemi di telegrafia, fintanto che non si ricorra alla telecifrante;

— nella trasmissione di testi cifrati il facsimile non introduce errori veri e propri di trasmissione, ma al massimo brani di scarsa intellegibilità. L'errore di trasmissione è sempre possibile con le telescriventi, sia per causa dell'operatore che delle condizioni di trasmissione.

CONCLUSIONI.

L'apparato facsimile è un mezzo di collegamento con funzione integratrice dei normali sistemi telescriventi per la trasmissione del materiale ideografico che mal si presta o non può affatto essere messo sotto forma di un testo di messaggio.

Per quanto il sistema su cui si basa non sia recente, l'adozione militare su larga scala dell'apparato si è a lungo dibattuta tra perplessità varie derivanti dal confronto tra:

— *prestazioni*, utili e talora addirittura brillanti, ma non sufficientemente apprezzate;

— *oneri*, molto gravi quando riguardavano esigenze di circuiti con caratteristiche superiori o semplicemente diverse da quelle richieste per il servizio telefonico.

Il laborioso adattamento degli apparati facsimile alle esigenze militari è giunto a maturazione durante l'ultima guerra, investendo sia gli aspetti costruttivi degli apparati che le esigenze in fatto di linee di trasmissione. L'aver soppresso per l'apparato facsimile qualunque esigenza speciale di collegamento diversa da quella telefonica è stato certamente il passo più risolutivo.

Ulteriori progressi radicali nella tecnica facsimile per gli impieghi militari, rispetto ai migliori prototipi realizzati durante la guerra dall'industria americana, non sono attendibili; è legittimo attendersi che l'apparato facsimile abbia ormai trovato la sua realizzazione militare praticamente definitiva nei suoi lineamenti essenziali.

L'industria europea nel dopoguerra si è accinta a riguadagnare anche in questo campo le posizioni perdute. In Francia, ad esempio, son comparsi i nuovi facsimile Belin, equivalenti a quelli americani in qualità e flessibilità di prestazioni. In Italia, infine, una coraggiosa iniziativa ha condotto alla realizzazione di un apparato facsimile, il Dynafax, che promette di ben sostenere il confronto con la produzione straniera.